



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO TECNOLÓGICO
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL

**ANÁLISE DA SINALIZAÇÃO E ILUMINAÇÃO
EMPREGADAS NAS FAIXAS DE PEDESTRES: ESTUDO DE
CASO CAMPUS UFSC/FLORIANÓPOLIS**

Rafaela Brandt Soares

FLORIANÓPOLIS

2016

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA

CENTRO TECNOLÓGICO

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL

**ANÁLISE DA SINALIZAÇÃO E ILUMINAÇÃO
EMPREGADAS NAS FAIXAS DE PEDESTRES: ESTUDO DE
CASO CAMPUS UFSC/FLORIANÓPOLIS**

Rafaela Brandt Soares

Trabalho de Conclusão de Curso submetido
ao Departamento de Engenharia Civil da
Universidade Federal de Santa Catarina para
a obtenção do Grau de Engenheiro Civil.

Orientador: Prof^ª. Dra. Liseane Padilha Thives

FLORIANÓPOLIS

2016

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA

CENTRO TECNOLÓGICO

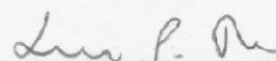
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL

**ANÁLISE DA SINALIZAÇÃO E ILUMINAÇÃO
EMPREGADAS NAS FAIXAS DE PEDESTRES: ESTUDO DE
CASO CAMPUS UFSC/FLORIANÓPOLIS**

Rafaela Brandt Soares

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi julgado adequado para obtenção do Título de Engenheiro Civil, e aprovado em sua forma final pelo Departamento de Engenharia Civil.

Florianópolis, 25 de novembro de 2016.



Profª. Liseane Padilha Thives, Dra.

Orientadora

Banca Examinadora:

Prof. Rafael Augusto dos Reis Higashi, Dr.

Keyla Junko Chaves Shinohara, MSc.

“Tenha em mente que tudo que você aprende na escola é trabalho de muitas gerações. Receba essa herança, honre-a, acrescente a ela e, um dia, fielmente, deposite-a nas mãos de seus filhos.”

—Albert Einstein

AGRADECIMENTOS

Talvez, seja essa a parte mais difícil desse trabalho, pois são tantas pessoas que merecem ter seus nomes citados aqui, que seria um verdadeiro sacrilégio esquecer alguém.

Primeiramente, o agradecimento mais do que especial é aos meus pais, Rubens Thomaz Soares e Jussara Brandt Soares, as pessoas que mais admiro em minha vida, por dedicarem suas vidas às suas filhas, provendo um ambiente familiar repleto de amor, respeito, atenção, compreensão. Mesmo ao enfrentar as dificuldades impostas pelo cotidiano, sempre encheram-me de lições fundamentais de respeito pelo próximo, tolerância, dedicação à vida profissional e pessoal, lições que levarei, com muito carinho, para minha vida, educaram-me de maneira a poder enfrentar as dificuldades e celebrar as alegrias e conquistas, e batalharam diariamente para que eu tivesse condições de entrar e permanecer nessa Universidade tão bem conceituada, assim como, realizar o sonho que tinha de morar no Exterior. Por esse motivo, qualquer tipo de agradecimento ou dedicatória, nunca seriam dignos o suficiente de sua grandeza como pais, educadores e profissionais.

Outro agradecimento muito especial deve ser direcionado à minha irmã, Rúbia Brandt Soares, que com seu enorme coração e sua maneira tão sábia e corajosa de encarar a vida, ajudou a moldar a pessoa que sou hoje. Através de nossas diferenças, que algumas vezes geraram conflitos, aprendi a respeitar e celebrar as diferenças do próximo, a ser um pouco mais extrovertida, a encarar os desafios que a vida impõe com mais coragem. Ela cuidou e me protegeu incansavelmente, não poderia ter crescido ao lado de uma irmã mais amorosa e cuidadosa.

Gostaria muito de realizar um agradecimento à minha avó Adelina, falecida em 2011. Ela foi e continua sendo, um exemplo de mulher a ser seguido, enfrentou muitas dificuldades desde muito nova, ao perder sua mãe, assumiu a grande família que possuía e ajudou a criar seus irmãos, casou-se muito jovem e assim também teve de assumir sua própria família e fez um trabalho incrível, criou mulheres fortes, inteligentes, amorosas, incluindo minha mãe, e ajudou muito na minha criação, felizmente tive a oportunidade de passar grande parte de minha infância e adolescência ao seu lado, e nem sempre demonstrei, enquanto pude, o quanto ela era importante para mim. A sua presença me fez, e ainda me faz, muita falta.

Agradeço também a minha orientadora, a professora Dra. Liseane Padilha Thives. Uma pessoa de coração imenso e com a qual pude aprender uma infinidade de valores, não apenas acadêmicos, mas principalmente pessoais. Uma grande professora, atenciosa com

seus alunos, e uma pessoa maravilhosa que sempre se manteve disposta a me ajudar. Uma professora que sempre está do lado do aluno, torcendo pelo seu sucesso. Uma mulher extremamente dedicada e correta com o qual eu tive a oportunidade de trabalhar e de crescer muito. Portanto, minha gratidão pelos seus conselhos será eterna.

Concluindo, gostaria de realizar um enorme agradecimento aos desconhecidos que se tornaram colegas, colegas que se tornaram amigos e, principalmente, amigos que se tornaram irmãos. Com todos eles, pude aprender um pouco e, portanto, agradeço do fundo do coração a cada dia que pude passar ao lado de cada um. Obrigada por terem me ensinado tanto e me ajudado na moldagem de meu caráter, da minha consciência e, mais do que tudo, nos ensinamentos da valorização do trabalho e do respeito pelo próximo.

ANÁLISE DA SINALIZAÇÃO E ILUMINAÇÃO EMPREGADAS NAS FAIXAS DE PEDESTRES

ESTUDO DE CASO CAMPUS UFSC/FLORIANÓPOLIS

RESUMO

O espaço público, atualmente adaptado para a utilização de modos mais velozes, faz com que essa capacidade básica do ser humano torne-se uma atividade perigosa, tendo em vista que os pedestres são os usuários mais vulneráveis do sistema viário. Este fato é constatado pelo elevado número de acidentes com vítimas fatais envolvendo pedestres. As faixas de pedestres, por exemplo, representam um dos principais elementos que compõem o sistema de trânsito dos usuários. Apesar de serem concebidas para sinalizar de forma segura e não ambígua os locais de travessia de pedestres, são frequentemente foco de polêmica por não permitirem aos transeuntes uma travessia segura, frequentemente por possuírem uma sinalização por vezes inadequada, estarem posicionadas em locais mal iluminados ou por serem sistematicamente desrespeitadas por motoristas e, também, pelos próprios transeuntes. Este trabalho tem como objetivo propor medidas favorecedoras à iluminação e sinalização de faixas de pedestres em áreas urbanas, levando em consideração a interação entre os elementos do sistema de transportes: o homem, a via, o espaço urbano e o veículo. Para tanto, foram analisadas faixas de pedestres junto à Universidade Federal de Santa Catarina. Como resultado observou-se que as faixas de pedestres analisadas não possuem a sinalização e/ou a iluminação adequadas, o que contribui para o número grande de acidentes envolvendo pedestres na região da cidade escolhida para análise.

Palavras Chave: faixa de pedestres; iluminação; sinalização; segurança; trânsito.

ANALYSIS OF THE SIGNALING AND LIGHTING USED IN CROSSWALKS

CASE STUDY CAMPUS UFSC/FLORIANÓPOLIS

ABSTRACT

The public space, nowadays, is adapted for the use of fast modes, restricts this basic capacity of the people and turns walking into a dangerous activity, since The pedestrian are the most vulnerable users of the road system. This fact is proven by the high number of accidents with fatal victims involving pedestrians. The crosswalks, for instance, represent one of the main elements that compound the users' traffic system, and although they are conceived to sign in a safe and not ambiguous way the places of pedestrian crossing, are frequently focus of controversy for having an inappropriate signaling, being positioned in poorly lit places or for being systematically disrespected by drivers and, also, by the passers themselves. This work has the objective of proposing measures to improve the lighting and signaling of crosswalks in urban areas, considering the interaction among the elements of the system of transports: the man, the road. Therefore, pedestrian crossings were analyzed outside the "Universidade Federal de Santa Catarina". As a result it was observed that the crosswalks analyzed do not have the signaling and/or adequate lighting, which contributes to the large number of accidents involving pedestrians in the region of the city chosen for analysis.

Keywords: pedestrian crosswalks ; lighting ; signaling ; safety; traffic.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	21
1.1. CONSIDERAÇÕES INICIAIS	21
1.2. OBJETIVO GERAL	22
1.3. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	22
1.4. JUSTIFICATIVA	22
1.5. MÉTODO	24
1.6. ESTRUTURA DO TRABALHO	25
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	27
2.1. TRÂNSITO.....	27
2.2. ACIDENTES DE TRÂNSITO	27
2.3. PEDESTRE.....	34
2.4. CIRCULAÇÃO DE PEDESTRE	35
2.5. TRAVESSIA DE PEDESTRES	37
2.5.1. Travessia com faixa para pedestres, sem semáforo	37
2.5.2. Travessia com faixa de pedestre e com semáforo	38
2.6. FAIXA DE PEDESTRES NO BRASIL.....	39
2.7. VISIBILIDADE.....	40
2.8. SINALIZAÇÃO.....	41
2.8.1. Sinalização Semafórica.....	45
2.8.2. Sinalização Vertical.....	47
2.8.3. Sinalização horizontal.....	55
2.9. RETRORREFLETIVIDADE	75
2.9.1. Reflexão.....	76
2.9.2. Avaliação da Retrorrefletividade.....	78
2.9.3. Parâmetros Mínimos.....	79
2.10. ILUMINAÇÃO	81
2.10.1. Conceitos básicos referentes à iluminação	82
2.11. ILUMINAÇÃO PÚBLICA	85
2.11.1. Normas Técnicas Aplicáveis	86
2.12. PROJETO DO SISTEMA DE ILUMINAÇÃO PÚBLICA.....	88

2.12.1.	CLASSIFICAÇÃO DAS VIAS	88
2.12.2.	CARACTERÍSTICAS LUMINOTÉCNICAS	90
2.12.3.	TOPOLOGIAS DE ILUMINAÇÃO VIÁRIA	92
2.12.4.	CONFIGURAÇÃO E EQUIPAMENTOS QUE COMPÕEM O SISTEMA	94
3.	MÉTODO E MATERIAIS.....	109
3.1.	CARACTERIZAÇÃO DOS TRECHOS.....	109
3.1.1.	Segmento "A" - Rua Roberto Sampaio Gonzaga	109
3.1.2.	Segmento "B" - Rua Delfino Conti	112
3.1.3.	Segmento "C" - Rua Deputado Antônio Edu Vieira	115
3.2.	COLETA DE DADOS EM CAMPO	120
3.2.1.	Distância de visibilidade da faixa de pedestres e do pedestre	120
3.2.2.	Correlação entre acidentes e sinalização de faixas de pedestres.	121
4.	RESULTADOS E ANÁLISES	123
4.1.	LEVANTAMENTO DE CARACTERIZAÇÃO DOS SEGMENTOS.....	123
4.1.1.	Sinalização Horizontal e Sinalização Vertical.....	124
4.1.2.	Iluminação.....	125
4.2.	MELHORIAS PROPOSTAS	127
4.2.1.	Sinalização Horizontal.....	127
4.2.2.	Sinalização Vertical	127
4.2.3.	Iluminação.....	128
4.3.	CONCLUSÕES	128
	REFERÊNCIAS	131

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Dez principais causas de morte entre os jovens de 15–29 anos, 2012.....	23
Figura 2 - Fluxograma do Método	25
Figura 3 - Estatística Nacional de mortes em Acidentes de Trânsito.....	29
Figura 4 - Estatística Estadual de mortes em Acidentes de Trânsito	30
Figura 5 - Número de mortes no trânsito pelos principais tipos de acidentes	30
Figura 6 - Taxa de mortalidade no trânsito pelos principais tipos de acidente	31
Figura 7 - Distribuição de Acidentes Fatais por Turno nas Rodovias de SC no ano de 2014.....	33
Figura 8 - Travessia de rua em faixa de pedestres sem semáforo	38
Figura 9 - Travessia de rua em faixa de pedestres com semáforo.....	38
Figura 10 - Faixas de travessia de pedestres	40
Figura 11 - Condições de Visibilidade Noturna.....	41
Figura 12 - Quantidades de acidentes/luminosidade da pista em rodovias catarinenses.....	41
Figura 13 - Condições das Rodovias.....	45
Figura 14 - Cores e sinais para a sinalização de trânsito.....	46
Figura 15 - Cores e sinais para a sinalização de trânsito.....	47
Figura 16 - Deflexão Horizontal da Sinalização Vertical junto a via.....	48
Figura 17 - Deflexão Vertical da Sinalização Vertical junto a via.....	49
Figura 18 - Locação da Sinalização de Advertência junto a via	49
Figura 19 - Divisão de Fluxos Opostos.....	58
Figura 20 - Linhas de Divisão de Fluxos de Mesmo Sentido	58
Figura 21 - Linha de Bordo.....	59
Figura 22 - Linha de Continuidade	59
Figura 23 - Marcas Longitudinais Específicas	60
Figura 24 - Linhas de Retenção.....	61
Figura 25 - Linha de Estímulo de Redução de Velocidade.....	61
Figura 26 - Linha de "Dê a Preferência"	62
Figura 27 - Faixa de Travessia de Pedestres tipo Zebra.....	63
Figura 28 - Faixa de Travessia de Pedestres	64

Figura 29 - Marcação de Cruzamento Rodociclovíários	64
Figura 30 - Marcação de Áreas de Conflito	65
Figura 31 - Marcação de Áreas de cruzamento com Faixa Exclusiva	65
Figura 32 - Marcação de Cruzamento Rodoferroviário	66
Figura 33 - Métodos de Aplicação dos Termoplásticos	70
Figura 34 - Ancoragem das Microesferas e Esferas de Vidro.....	75
Figura 35 - Comparativo entre Sinalização Não-retrorrefletiva e Sinalização Retrorefletiva	76
Figura 36 - Reflexão Difusa	77
Figura 37 - Reflexão Especular.....	77
Figura 38 - Retroreflexão.....	78
Figura 39 - Luminância e Iluminância	79
Figura 40 - Comparativo de Retrorefletividade	79
Figura 41 - Níveis de Aceitação da Retrorefletividade.....	81
Figura 42 - Depreciação do fluxo luminoso das lâmpadas.....	82
Figura 43 - Temperatura de cores	83
Figura 44 - Diferenças de índice de reprodução de cor existentes entre um cenário de iluminação pública rodoviária com base em tecnologia LED e outro tradicional.	85
Figura 45 - Arranjo unilateral das luminárias	93
Figura 46 - Arranjo bilateral alternado das luminárias.....	93
Figura 47 - Arranjo bilateral oposto das luminárias.....	94
Figura 48 - Arranjo empregado em vias com canteiro central	94
Figura 49 - Configuração da Rede de Baixa Tensão.....	95
Figura 50 - Braço padrão COPEL tipo BR-1	96
Figura 51 - Braço padrão COPEL tipo BR-2	97
Figura 52 - Braço padrão COPEL tipo BR-3	97
Figura 53 - Exemplos de modelos de relés fotoelétricos.....	98
Figura 54 - Reator interno	99
Figura 55 - Modelo de reator externo para lâmpada a vapor de mercúrio de 250W, com tomada para relé fotoelétrico	99

Figura 56 - Luminária inadequada para utilização em iluminação pública.....	100
Figura 57 - Da esquerda para a direita está exemplificado o aumento na eficiência luminosa. Conjunto óptico eficiente.	101
Figura 58 - Um modelo de luminária fechada sem equipamento.....	101
Figura 59 - Exemplo de uma luminária integrada.....	102
Figura 60 - Modelo tradicional de lâmpada incandescente	102
Figura 61 - Lâmpada a vapor de mercúrio comum em iluminação pública.....	104
Figura 62 - Modelos tubular e ovóide de lâmpadas a vapor de sódio, utilizadas em iluminação pública	105
Figura 63 - Desempenho das Lâmpadas.....	107
Figura 64 - Localização do Segmento "A" e a Faixa de Pedestres numerada de 1	109
Figura 65 - Configuração da Faixa de Pedestres do Segmento "A".....	110
Figura 66 - Configuração da Faixa de Pedestres do Segmento "A".....	111
Figura 67 - Localização do Segmento "B" e a Faixa de Pedestres numerada de 2	112
Figura 68 - Configuração da Faixa de Pedestres do Segmento "B".....	113
Figura 69 - Configuração da Faixa de Pedestres do Segmento "B".....	113
Figura 70 - Configuração da Faixa de Pedestres do Segmento "B".....	114
Figura 71 - Localização do Segmento "C" e as Faixas de Pedestres numeradas de 3 a 5.....	115
Figura 72 - Configuração da Faixa de Pedestres numerada de 03 do Segmento "C"	116
Figura 73 - Configuração da Faixa de Pedestres numerada de 03 do Segmento "C"	116
Figura 74 - Configuração da Faixa de Pedestres numerada de 04 do Segmento "C"	117
Figura 75 - Configuração da Faixa de Pedestres numerada de 04 do Segmento "C"	117
Figura 76 - Configuração da Faixa de Pedestres numerada de 04 do Segmento "C"	118
Figura 77 - Configuração da Faixa de Pedestres numerada de 05 do Segmento "C"	118
Figura 78 - Configuração da Faixa de Pedestres numerada de 05 do Segmento "C"	119
Figura 79 - Configuração da Faixa de Pedestres numerada de 05 do Segmento "C"	119
Figura 80 - Tipo de Sinalização Presentes no Segmento "C"	120
Figura 81 - Modelo de Sinalização de Faixas de Travessia de Pedestres Sugeridas Pelo DNIT	124

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Número de óbitos em acidentes de trânsito segundo categoria. Brasil, 2000/2010*	29
Tabela 2 - Número de Pedestres mortos em Acidentes de Trânsito.....	31
Tabela 3 - Número de Acidentes por tipo e gravidade em Acidentes de Trânsito	32
Tabela 4 - Mortos em acidentes de trânsito: estatísticas Datasus, Estado de Santa Catarina, 2002 a 2011	33
Tabela 5 - Distância de Visibilidade da Sinalização de Advertência.....	50
Tabela 6 - Distância de Manobra ou de Parada.....	50
Tabela 7 - Distância de Manobra ou Parada.....	51
Tabela 8 - Tipos de Materiais Retrorrefletivos dos Sinais Verticais de Trânsito.....	53
Tabela 9 - Retrorrefletividade Mínima Inicial das Películas de Sinalização Viária.....	54
Tabela 10 - Dimensões Mínimas das Linhas.....	67
Tabela 11 - Largura das linhas longitudinais em função da velocidade.....	67
Tabela 12 - Granulometria das Microesferas e Esferas de Vidro.....	73
Tabela 13 - Retrorrefletividade Residual Mínima para Películas Retrorrefletivas	80
Tabela 14 - Parâmetros Mínimo de Retrorrefletividade FHWA geometria de 30 m	80
Tabela 15 - Parâmetro Mínimo de RL (mcd/m ² /lux) geometria de 30 m.....	81
Tabela 16 - Comparativo entre tecnologias aplicadas à IP	88
Tabela 17 - Tipo de tráfico motorizado e de pedestres	91
Tabela 18 - Limites fotométricos para vias de tráfego motorizado e de pedestres	91
Tabela 19 - Comparativo entre as tecnologias	106
Tabela 20 - Caracterização dos trechos analisados	123
Tabela 21 - Comparativo Segmentos "A", "B" e "C" com Modelo de Sinalização das Faixas de Travessia de Pedestres Sugerido pelo DNIT	124
Tabela 22 - Levantamentos para Determinação das Distâncias de Visibilidade.....	125
Tabela 23 - Acidentes do Tipo Atropelamento de Pedestres no entorno da UFSC.....	126
Tabela 24 - Distribuição dos Atropelamentos pelo Horário.....	127

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABETRAN - Associação Brasileira de Educação de Trânsito

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas

ANTP - Associação Nacional de Transportes Públicos

CID-10 - Classificação Internacional de Doenças-10

CNT - Confederação Nacional do Transporte

CONTRAN - Conselho Nacional de Trânsito

COPEL - Companhia Paranaense de Energia

CTB - Código de Trânsito Brasileiro

DEINFRA - Departamento Estadual de Infraestrutura

DENATRAN - Departamento Nacional de Trânsito

DER/MG- Departamento de Edificações e Estradas de Rodagem de Minas Gerais

DNER - Departamento Nacional de Estradas de Rodagem

DETRAN/SC - Departamento Estadual de Trânsito/SC

DNIT - Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

INMETRO - Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia

IPEA - Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada

IP - Iluminação Pública

LED - *Light Emitting Diode* (Diodo Emissor de Luz)

OMS - Organização Mundial da Saúde

SIM - Sistema de Informação Sobre Mortalidade

SUS - Sistema Único de Saúde

UFSC - Universidade Federal de Santa Catarina

1. INTRODUÇÃO

1.1. CONSIDERAÇÕES INICIAIS

O sistema de trânsito possui um papel indispensável tanto social quanto econômico no cotidiano dos municípios. A movimentação com a finalidade de satisfazer suas necessidades e obrigações é congruente do ser humano. A partir de tal premissa e em face do crescimento e desenvolvimento das áreas urbanas, é necessário atentar-se para o fato de que tal dinâmica deve ser cada vez mais organizada a fim de que haja eficácia e segurança nos deslocamentos dos cidadãos. Neste aspecto, a sinalização de trânsito é fundamental, uma vez que sua função é informar e orientar os usuários das vias. (FREIRE, 2011).

Nesse contexto inserem-se as faixas de pedestres. Tem-se observado que, em geral, as faixas de pedestres apresentam sinalização horizontal e vertical. No entanto, à noite, as faixas de pedestres não possuem, em sua maioria, iluminação. A iluminação é necessária para fornecer visibilidade dos pedestres que pode ser estar atravessando a rua, ou prestes a atravessar a rua e aos condutores dos veículos.

Os acidentes ocorrem como resultado de vias urbanas que nem sempre apresentam a adequada sinalização horizontal e vertical, pelo fato de que muitos motoristas não as respeitam e muitos usuários não as utilizam, juntamente com a inadequada iluminação que dificulta a visibilidade dos motoristas e pedestres à noite.

A Universidade Federal de Santa Catarina, Campus João David Ferreira Lima (Trindade), situado em Florianópolis, está incluída nesse contexto. Diversos cursos são oferecidos à noite e as vias são dotadas de faixas de pedestres.

Este trabalho trata da análise das faixas de pedestres quanto à sinalização horizontal, vertical e iluminação noturna das principais faixas de pedestres na UFSC.

1.2. OBJETIVO GERAL

O objetivo geral deste trabalho é avaliar as condições de sinalização e a iluminação das faixas de pedestres na UFSC/Campus Trindade.

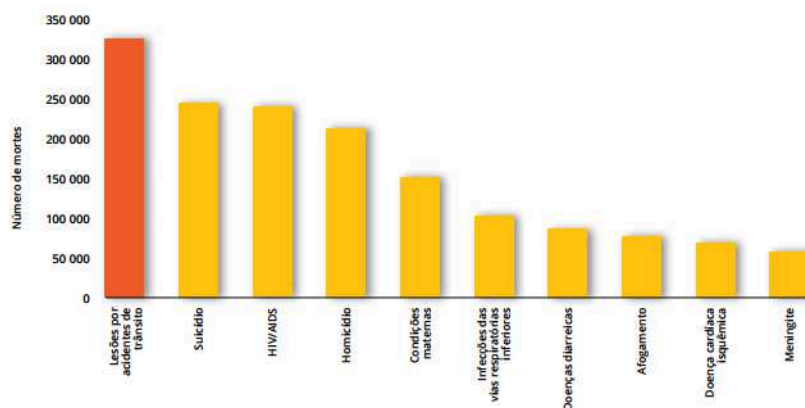
1.3. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Avaliar se as faixas de segurança foram implementadas ou encontram-se em condições compatíveis ao que é prescrito pelas normas atinentes;
- Avaliar as condições da pintura e retrorrefletividade da sinalização horizontal e vertical das faixas em questão;
- Avaliar as condições de segurança para os pedestres que utilizam as faixas de pedestre em períodos com menor visibilidade;
- Propor melhorias na sinalização e iluminação de tais faixas.

1.4. JUSTIFICATIVA

No mundo, as mortes por causas violentas ceifou mais de 5 milhões de vidas humanas, sendo 90% dessas ocorridas em países pobres. O acidente de trânsito, uma das principais causas de morte, incluído nesse item, foi responsável por um total quase quatro vezes maior do que todas as guerras e conflitos existentes. Segundo o Relatório da ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE (OMS, 2014), das 1,25 milhões de pessoas mortas por acidentes de trânsito, os feridos somavam em torno de 20 a 50 milhões, sendo inclusive a principal causa de morte, mundialmente, entre jovens na faixa etária de 15 a 29 anos (Figura 1).

Figura 1 - Dez principais causas de morte entre os jovens de 15–29 anos, 2012



Fonte: OMS, 2014

De acordo com pesquisa realizada pelo *Institute for Health Metrics and Evaluation*, da Universidade de Washington, no Brasil, os acidentes de trânsito são a segunda maior causa de morte entre jovens de 18 a 24 anos, atrás apenas dos homicídios. O Brasil, em 2009, ocupava o quarto lugar no ranking de acidentes de transporte terrestre na região do Mercosul. Hoje está na segunda colocação. A taxa de mortalidade, que era de 18,3 mortes por cem mil habitantes, subiu para 22,5 mortes no mesmo grupo. Em comparação com países do bloco, o Brasil está atrás somente da Venezuela que tem uma taxa de 37,2 mortes para cada cem mil habitantes. (DETRAN-RS, 2015).

O comportamento dos motoristas, o elevado movimento de transeuntes, a má conservação e sinalização das vias, faz com que o País ocupe esse lugar tão alto no ranking mundial de acidentes de trânsito. Os custos relacionados a estes acidentes em áreas urbanas são consideráveis, sem contar o valor imensurável da vida humana (FREIRE, 2011), no Sistema Único de Saúde (SUS), nota-se o reflexo do problema: de acordo com dados preliminares do Ministério da Saúde, em 2013, foram 170.805 mil internações por acidentes de trânsito, R\$ 231 milhões foram usados no atendimento às vítimas. (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2015).

Considerando apenas as áreas urbanas, segundo o estudo desenvolvido pelo Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada - IPEA em parceria com a Associação Nacional de Transportes Públicos - ANTP e o Departamento Nacional de Trânsito - Denatran, os acidentes geram um prejuízo de cerca de R\$ 5,3 bilhões por ano, projetando-se esse valor para incluir os acidentes ocorridos nas vias rurais (Vias rurais - estradas e rodovias), estima-se um custo total anual da ordem de 10 bilhões de reais, gasto esse que prejudica o desenvolvimento econômico e social do País. Acompanhando o crescimento urbano, o fenômeno trânsito passou a ser

relevante na gestão da cidade, principalmente em relação à qualidade e expectativa de vida da população. (CONTRAN, 2004).

Um dado preocupante e que reforça a necessidade de se ter ferramentas que contribuam para a melhoria das condições das vias urbanas é que em quase todas as capitais brasileiras a taxa de crescimento da frota de veículos registrada é maior do que a taxa de crescimento da população. Esta situação, somada ao fato de que a construção de espaços físicos para locomoção não acompanha esse crescimento em termos proporcionais, reforça ainda mais a crise da mobilidade urbana que já vem assolando as grandes cidades. (ALVES, 2005).

De acordo com dados estatísticos do Mapa da Violência de 2014, Santa Catarina possui um índice de 30,2 óbitos para cada 100 mil habitantes em acidentes de trânsito, o que é quase três vezes maior que os registros de homicídio no estado, estando acima da média nacional, que é 23,7. A estatística coloca Santa Catarina na 11ª colocação dentre os 27 Estados da federação em relação ao número de mortes em acidentes de transporte. Quando são calculados apenas os índices da população jovem, de 15 a 29 anos, o Estado vai para a nona posição. No ranking das capitais, Florianópolis aparece em 17ª, com 22,6 mortes para 100 mil moradores. (WAISELFSZ, 2014).

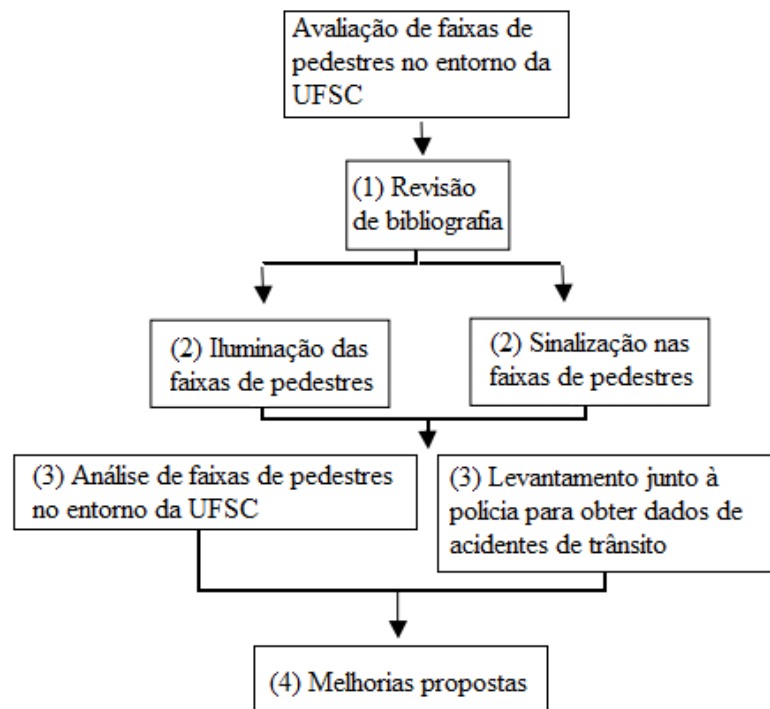
Considerando-se a importância da segurança viária na atualidade fez-se um estudo das condições de sinalização de algumas faixas de pedestres no entorno da Universidade Federal de Santa Catarina, mais precisamente nas ruas Roberto Sampaio Gonzaga, Delfino Conti e Deputado Antônio Edu Vieira.

1.5. MÉTODO

Para a elaboração dos estudos necessários nesse trabalho, será realizado um levantamento das condições atuais de conservação, sinalização e iluminação de algumas faixas de pedestres localizadas próximas à UFSC.

O fluxograma, mostrado na Figura 2, é a base referencial das etapas a serem seguidas para o desenvolvimento do respectivo trabalho.

Figura 2 - Fluxograma do Método



Fonte: Elaborado pelo autor

1.6. ESTRUTURA DO TRABALHO

O presente trabalho foi estruturado de acordo com dados obtidos em pesquisas de trabalhos anteriores, pesquisas e estudos sobre segurança de pedestres no trânsito.

Os assuntos serão contemplados, basicamente, em seis momentos, os quais estão divididos em:

Introdução – É apresentado um breve histórico de dados recentes sobre acidentes de trânsito com pedestres no Brasil, além de contemplar também, o objetivo geral e específico do trabalho, a sua justificativa e a respectiva metodologia.

Revisão bibliográfica – Será levada em consideração uma bibliografia que contemplará um leque de informações abrangentes, englobando estudos sobre acidentes de trânsito, faixas de pedestres, sinalização, visibilidade, entre outros.

Estudo de caso – Nesse momento serão abordados fatores necessários para a realização da análise das condições das faixas de pedestres, como a escolha do tipo de iluminação e sinalização usadas, foco principal deste trabalho.

Resultados – Estarão descritos todos os resultados obtidos, as comparações e melhorias sugeridas serão abordadas através de aspectos qualitativos e quantitativos.

Conclusões – Por fim, será realizada uma conclusão sugerindo a implantação das melhorias sugeridas para a solução dos problemas de iluminação e sinalização de faixas de pedestres em Florianópolis.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. TRÂNSITO

O Código de Trânsito Brasileiro - CTB (Brasil, 1997), art.1º, descreve trânsito como "a utilização das vias por pessoas veículos e animais, isolados ou em grupos, conduzidos ou não, para fins de circulação, parada, estacionamento e operação de carga ou descarga." (DENATRAN, 2008).

O trânsito é um sistema multifacetado e deve ser estudado por diversas áreas, para que por meio de ações, contribuições e críticas, possam ser solucionados problemas por meio de possíveis caminhos com a finalidade de melhorar a realidade (TORQUATO, 2011).

2.2. ACIDENTES DE TRÂNSITO

A ABNT (1989 b) conceitua o acidente de trânsito como todo evento não premeditado que resulta em danos no veículo ou na sua carga e/ou lesões em pessoas e/ou animais, em que pelo menos uma das partes está em movimento nas vias terrestres ou áreas abertas ao público. Pode originar-se, terminar ou envolver veículo parcialmente na via pública.

O acidente de trânsito é uma das mais devastadoras consequências dos pontos de vista financeiro, econômico, ambiental e social. As lesões ocasionadas por acidentes de trânsito, são responsáveis por aproximadamente 30% das admissões hospitalares em todo o mundo, com um custo social e médico superando os US\$ 518 bilhões/ano, ou um percentual entre 1% e 3% do produto interno bruto de cada País (WHO, 2009). Segundo o Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA), anualmente morrem mais de 35 mil pessoas no Brasil devido aos acidentes de trânsito nas estradas e vias urbanas, a um custo de aproximadamente de R\$ 28 bilhões para o País, ou seja, 1,2% do PIB nacional.

O acidente de trânsito é um grande revés e como tal necessita ser caracterizado, quantificado e qualificado para que técnicos, profissionais e estudiosos da área possam combatê-lo de forma eficaz com o intuito de reduzi-lo, já que evitá-lo em sua totalidade seria uma utopia, dadas as diversas variáveis envolvidas, embora esse é o objetivo que deva ser incansavelmente procurado (ALVES, 2005).

A palavra acidente significa casualidade, situação derivada de um imprevisto, entretanto algumas situações do cotidiano contradizem esse conceito uma vez que são

praticamente previsíveis. Assim, é necessário contextualizá-lo para melhor entendê-lo. (ALVES, 2005).

O acidente de trânsito pode ser dividido em duas categorias: o acidente de trânsito evitável, que é aquele que ocorre pelo fato do condutor não ter tomado todas as ações possíveis para evitá-lo. O segundo é o acidente inevitável, o que ocorre muito esporadicamente, fruto de uma eventualidade e de fatores sem nenhum tipo de associação física, portanto independente de qualquer ação humana. Outra definição do mesmo órgão mostra o acidente de trânsito como sendo uma ocorrência fortuita ou não, em decorrência do envolvimento em proporções variáveis do homem, do veículo, da via e demais elementos circunstanciais, da qual tenha resultado ferimento, dano, estrago, prejuízo, avaria, ruína, etc. (DENATRAN, 1995).

Para Rozestraten (1988) "o trânsito é o conjunto de deslocamentos de pessoas e veículos nas vias públicas, dentro de um sistema convencional de normas, que tem por fim assegurar a integridade de seus participantes".

Segundo Duperre et al; Murray; Lopez (2002), mais de um milhão de mortes e cerca de dez milhões de lesões incapacitantes e permanentes ocorrem no mundo inteiro. Desta pesquisa, uma das características mais relevantes se dá pelo fato de que a maioria dos casos acontecem nos países mais pobres, e destes índices o agravante recai sobre os mais vulneráveis, ou seja, os pedestres e as crianças. Conforme a mesma pesquisa, "[...] os riscos de passageiros de veículos aumentam acentuadamente ao longo da adolescência [...]" Segundo Duperre (2002), em 2002, 46,7 mil pessoas morreram e quase dois milhões ficaram feridas nas rodovias da União Europeia.

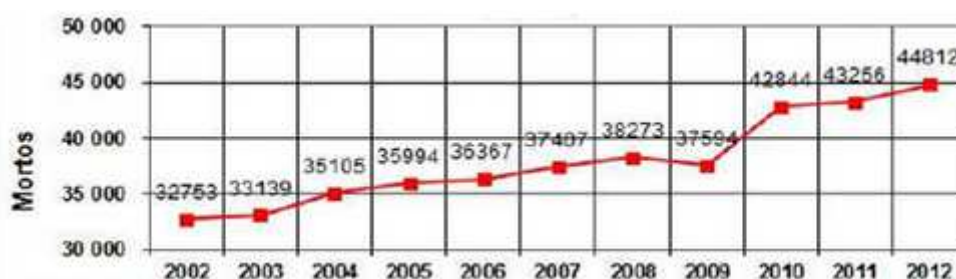
Apesar da variação do número de acidentes envolvendo pedestres ao longo de uma década, entre o ano 2000 a 2010 houve um total de 230.358 acidentes com óbito (Tabela 1). Como não foram computados os números de acidentes que não chegaram a óbito, pode-se presumir que o número de acidentes com pedestre é muito maior, levando-se em conta que alguns se recuperam totalmente e outros ficam com sequelas permanentes (ROSA, 2014).

Tabela 1 - Número de óbitos em acidentes de trânsito por categoria/ 2000-2010. Brasil.

CATEGORIA	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	total
Pedestre	13.643	14.102	14.341	14.074	13.966	13.924	12.956	12.362	12.157	11.194	11.946	230.358
Ciclista	1.238	1.462	1.788	1.779	1.908	2.055	2.130	2.111	2.072	2.001	1.909	
Motorista	3.910	4.541	5.440	6.046	6.961	8.089	9.191	10.392	11.471	11.839	13.452	
Automóvel	8.262	8.483	9.069	9.018	9.875	9.492	9.754	10.218	10.420	10.347	11.405	
Caminhão	1.042	1.018	1.116	1.186	1.356	1.401	1.341	1.354	1.264	1.346	1.404	
Ônibus	199	135	195	201	291	244	300	234	230	225	190	
Outros	701	782	805	834	749	810	696	735	660	641	682	
Total	28.995	30.524	32.753	33.139	35.105	35.994	36.367	37.407	38.273	37.594	40.989	

Fonte: SIM/SVS/MS - 2010: dados preliminares

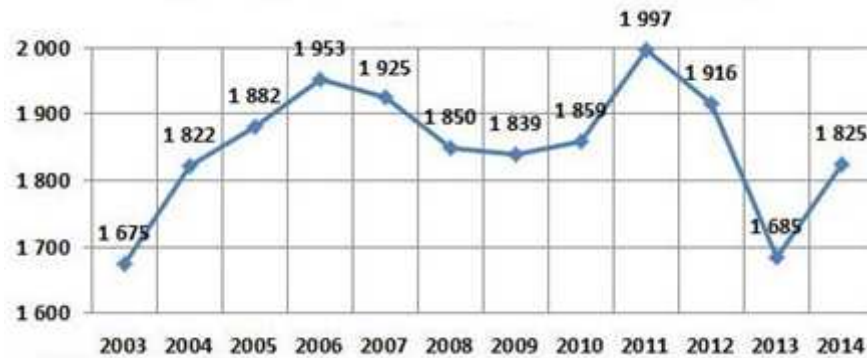
Em relação aos acidentes de trânsito, segundo o portal Por Vias Seguras (2014), a estatística a nível nacional publicada pelo Ministério da Saúde indica que, em 2011, ocorreram 43.256 óbitos em acidentes de trânsito. Em 2012 obtém-se valores de óbitos superiores a 44.800 conforme mostrado na Figura 3.

Figura 3 - Estatística Nacional de mortes em Acidentes de Trânsito

Fonte: POR VIAS SEGURAS (2014).

Em 2016, o Ministério da Saúde forneceu dados da quantidade de mortos em acidentes de trânsito no estado de Santa Catarina, de 2003 a 2014, através do DATASUS, estes que são apresentados na Figura 4.

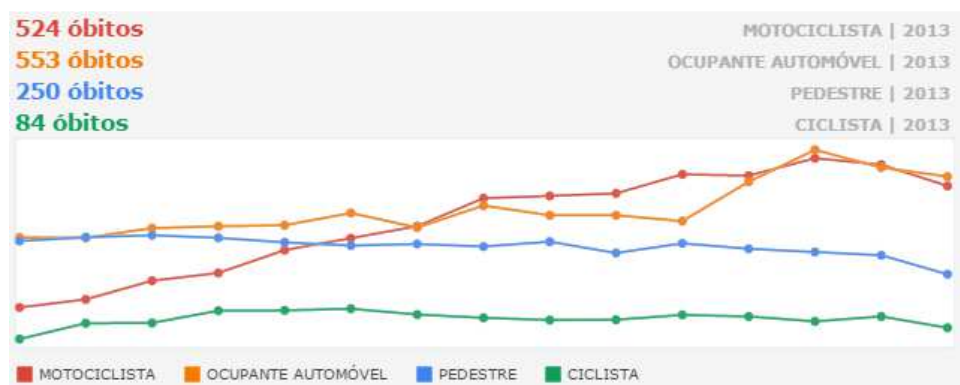
Figura 4 - Estatística Estadual de mortes em Acidentes de Trânsito/2003-2014, Santa Catarina.



Fonte: POR VIAS SEGURAS (2014).

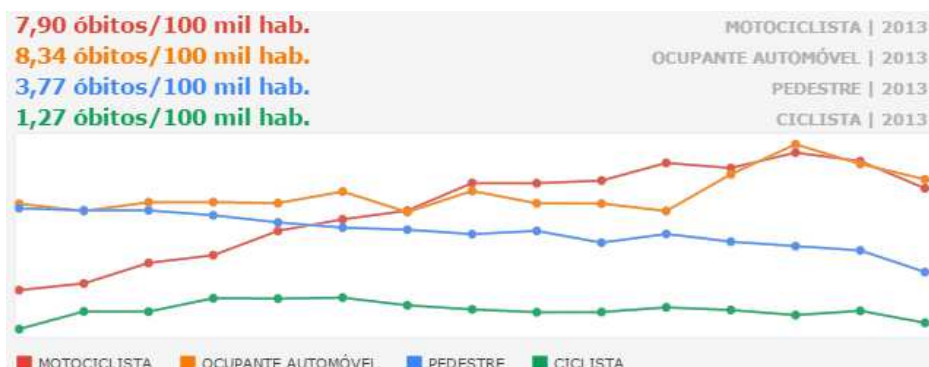
Um levantamento foi elaborado a partir dos dados do Sistema de Informações sobre Mortalidade (SIM) do Ministério da Saúde. A base do SIM consolida as certidões de registro de óbito emitidas no Brasil no local da ocorrência do evento. Para identificação dos óbitos por acidente de trânsito foram levantados os óbitos por causas externas, registrados segundo o CID-10 (Classificação Internacional de Doenças-10) como decorrentes de acidentes de transporte (Grande Grupo CID-10 Acidentes de Transporte, categorias V01 a V99), tópico que agrupa entre outros acidentes de transporte os acidentes envolvendo pedestres, ciclistas, motociclistas, ocupantes de automóvel, camionete, ônibus, veículos de transporte pesado, triciclo e outros. Para cálculo da taxa ou índice de óbitos foram utilizadas as estimativas intercensitárias disponibilizadas pelo DATASUS que, por sua vez, utiliza fontes do IBGE, os resultados podem ser verificados nas Figuras 5 e 6 (DEEPASK, 2013).

Figura 5 - Número de mortes no trânsito pelos principais tipos de acidentes - Ministério da Saúde DATASUS



Fonte: DEEPASK (2013)

Figura 6 - Taxa de mortalidade no trânsito pelos principais tipos de acidente



Fonte: DEEPASK (2013).

O número de pedestres mortos no trânsito pode ser avaliado a partir da pesquisa DATASUS do Ministério da Saúde. Esta apresenta os números de vítimas por categoria de usuário: 9.944 pedestres mortos em 2010. Porém este número pode ser maior se for distribuído o número de vítimas cuja categoria não foi identificada, conforme Tabela 2.

Tabela 2 - Número de Pedestres mortos em Acidentes de Trânsito

Avaliação do número de pedestres mortos em acidentes de trânsito						
	2006	2007	2008	2009	2010	Média
Total das vítimas de acidentes de transporte terrestre	36367	37407	38273	37594	42844	38497
Pedestres identificados	10147	9657	9474	8799	9944	9604
Vítimas não identificadas, a distribuir	8430	8760	8961	8548	10152	8970
Acréscimo correspondente	23,2%	23,4%	23,4%	22,7%	23,7%	23,3%
Acréscimo atribuído aos pedestres	2352	2261	2218	2001	2356	2238
Total "pedestres" ajustado	12499	11918	11692	10800	12300	11842

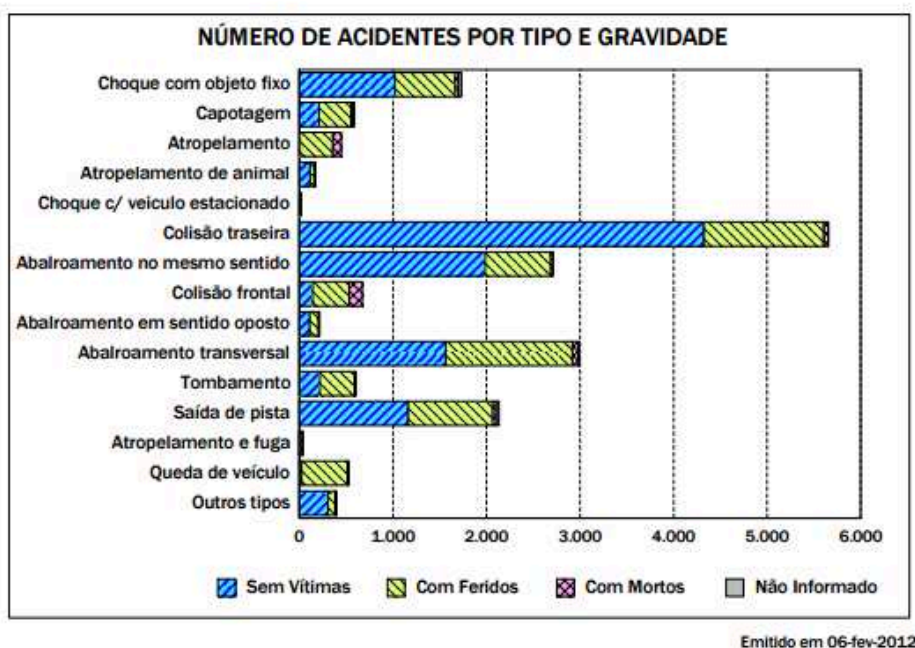
(Fonte: Datasus, 17/10/2012)

Fonte: POR VIAS SEGURAS (2010).

Segundo dados publicados no portal do DNIT - Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes, no ano de 2011 foram 446 acidentes envolvendo pedestres em acidentes de transporte, sendo 90 vítimas fatais nas rodovias situadas no estado de Santa Catarina, conforme Figura 7.

Tabela 3 - Número de Acidentes por tipo e gravidade em Acidentes de Trânsito

Quadro 0102 - NÚMERO DE ACIDENTES POR TIPO E GRAVIDADE					
UF: SANTA CATARINA		Ano de 2011			
TIPO DO ACIDENTE	DISTRIBUIÇÃO SEGUNDO A GRAVIDADE DO ACIDENTE				
	TOTAL	C/ Morto	C/ Ferido	S/ Vítima	Não Inf.
Choque com objeto fixo	1.733	35	644	1.022	32
Capotagem	588	16	343	209	20
Atropelamento	446	90	349	7	0
Atropelamento de animal	167	0	52	114	1
Choque com veículo estacionado	12	0	3	9	0
Colisão traseira	5.657	46	1.282	4.325	4
Abalroamento no mesmo sentido	2.712	24	701	1.987	0
Colisão frontal	671	141	385	145	0
Abalroamento em sentido oposto	217	13	93	111	0
Abalroamento transversal	2.985	64	1.356	1.564	1
Tombamento	598	11	367	219	1
Saída de pista	2.134	39	906	1.162	27
Atropelamento e fuga	38	11	26	1	0
Queda de veículo	527	14	486	25	2
Outros tipos	392	2	83	305	2
Total	18.877	506	7.076	11.205	90



Fonte: BRASIL (2012)

Segundo dados publicados no portal do DETRAN-SC, no ano de 2011 foram registradas 2.029 vítimas fatais em acidentes de transportes, sendo que 319 dessas eram pedestres, em rodovias situadas no estado de Santa Catarina, conforme Tabela 3, o que mostra o alto número de fatalidades em relação aos pedestres e a importância de uma maneira de

tentar melhorar as condições das vias urbanas e reduzir essas estatísticas (WAISELFSZ, 2013).

Tabela 4 - Mortos em acidentes de trânsito: estatísticas Datasus, Estado de Santa Catarina, 2002 a 2011

Mortos em acidentes de transporte	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Acidentes	1.670	1.683	1.836	1.899	1.962	1.934	1.857	1.844	1.865	2.029
. Acidentes de transporte	1.670	1.683	1.836	1.899	1.962	1.934	1.857	1.844	1.865	2.029
... Pedestre traumatizado em um acidente de transp	363	349	339	344	336	351	316	346	329	319
... Ciclista traumatizado em um acidente de transp	137	138	143	125	115	108	109	124	119	104
... Motociclista traumat em um acidente de transpo	254	325	362	399	486	493	501	560	556	610
... Ocupante triciclo motorizado traumat acid tran	1	2	1	4	1	0	2	1	5	4
... Ocupante automóvel traumat acidente transporte	399	402	440	395	463	433	433	415	537	636
... Ocupante caminhonete traumat acidente transpor	18	25	24	14	12	18	12	19	21	23
... Ocupante veic transp pesado traumat acid trans	46	41	62	43	61	65	48	55	38	52
... Ocupante ônibus traumat acidente de transporte	4	13	6	14	7	17	4	10	1	34
... Outros acidentes de transporte terrestre	442	380	445	544	472	440	425	309	253	215
... Acidentes de transporte por água	6	0	12	11	1	1	5	0	1	2
... Acidentes de transporte aéreo e espacial	0	8	0	6	2	2	1	2	2	14
... Outros acidentes de transporte e os não espec	0	0	2	0	6	6	1	3	3	16
Total	1.670	1.683	1.836	1.899	1.962	1.934	1.857	1.844	1.865	2.029

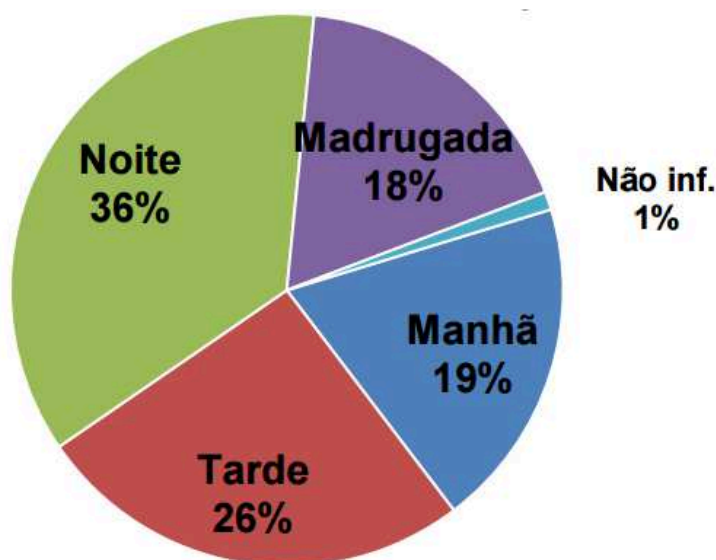
Fonte: MS/SVS/DASIS - Sistema de Informações sobre Mortalidade - SIM

Data de coleta na Internet: 03/07/2013

Fonte: MAPA DA VIOLÊNCIA (2013)

Segundo informativo do Detran-SC no período de 2007 a 2014, uma pesquisa foi realizada e os acidentes fatais foram distribuídos por turno, conforme Figura 8.

Figura 7 - Distribuição de Acidentes Fatais por Turno nas Rodovias de SC no ano de 2014



Fonte: POR VIAS SEGURAS (2014).

Conforme pesquisa realizada pelo Denatran, no ano de 2004, houve uma média de 307 acidentes por dia, ou seja, em torno de 13 acidentes por hora nas rodovias federais, de forma que segundo a pesquisa, houvera uma média de 1,7 veículos e 4,07 pessoas envolvidas

em cada um destes acidentes. Além da gravidade e riscos físicos causados ao cidadão vitimado por um acidente de trânsito, ainda há outros prejuízos que o acidente de trânsito causa à sociedade como: a) aumento de custos para a rede pública de saúde; b) aumento de frota e de funcionários para fiscalizar e orientar as vias públicas; c) denota falta de segurança e de infra-estrutura interna; d) incidência de uma diminuição de interesse de investimento nas áreas geográficas consideradas de maior risco, especialmente se a organização depender potencialmente da malha rodoviária; e) prejuízos ao turismo brasileiro já que toda e qualquer característica negativa que é ressaltada do país no exterior causa queda de vendas de passagens, estadia e demais serviços atrelados; f) crescimento de incidência de problemas de saúdes específicos, originados de trânsito poluído, violento, inseguro e ‘barulhento’, por exemplo, problemas na área auditiva, circulatória, respiratória, e emocional.

Segundo informações no portal da ABETRA – Associação Brasileira de Educação de Trânsito, o Brasil tem prejuízo anual de R\$ 105 milhões com acidentes de trânsito. São custos com perdas em produção, custos médicos, previdência social, custos legais, perdas materiais, despesas com seguro e custos com emergências entre outros. Os atropelamentos são responsáveis por 36% das mortes nas estradas brasileiras. O Departamento Nacional de Trânsito registrou em 2013 mais de 30 mil mortes no trânsito do país, e cerca de 260 mil feridos. O custo global pode ser estimado em vários bilhões de reais por ano, sem contar os prejuízos causados aos que adquirem deficiências físicas permanentes (FREIRE, 2011).

2.3. PEDESTRE

Segundo Daros (2000), pedestres são todas as pessoas que andam a pé no espaço público, bem como o portador de deficiência física. Com o objetivo de dispor de maior conforto e mobilidade, especialmente em percursos longos, foram desenvolvidos veículos automotores. A partir daí surgiram duas novas condições: a de passageiro e a de condutor. Estas últimas, entretanto, não são naturais e sim criadas pelo homem.

Os pedestres são os usuários mais vulneráveis do sistema viário compondo o maior percentual entre vítimas fatais, partindo da noção que todo o deslocamento depende de algum momento do modo a pé. Este deslocamento é um dos mais importantes meios de transporte urbano, sendo o mais utilizado para percorrer pequenas distâncias ou servindo como

complemento de viagens realizadas por outros modos de transporte. Por isso, deve ser tratado como um componente básico da mobilidade no sistema de planejamento de transportes urbanos, evitando, assim, elevados índices de atropelamentos, em especial os de natureza humana (MACHADO, 2007; ARIOTTI, 2006; MAGALHÃES et al., 2004).

O trânsito tem como consequência inerente a disputa por espaço e reflete os interesses ligados à posição do indivíduo no processo produtivo da sociedade. A hierarquização, no contexto do trânsito, gera uma mobilidade seletiva, porém desigual, onde o pedestre não tem prioridade nos seus deslocamentos (TORQUATO, 2011). É importante ressaltar o fato de que o motorista encontra-se, no espaço público, em uma situação de superioridade física (DAROS, 2000).

Observa-se esse efeito também no planejamento urbano que é voltado para garantir o espaço para os veículos e que muitas vezes não considera as viagens não motorizadas. Miranda e Cabral (2003) observaram que no Brasil as cidades são planejadas e operadas objetivando a fluidez dos veículos, não sendo pensadas, desta maneira, para os pedestres.

2.4. CIRCULAÇÃO DE PEDESTRE

Nas áreas urbanas, por questões de incompatibilidade dos tráfegos de veículos e pedestres e limitação espacial, é fundamental a separação física dos espaços de circulação. A criação de calçadas/passeios, que é o espaço entre edifícios e a pista de rolamento dos veículos, foi a solução adotada para circulação de pessoas. Porém, além da calçada, também existem a faixa de pedestres, os refúgios de auxílio em travessias e os canteiros das avenidas (MELLO, 2008).

A mobilidade urbana, sustentabilidade do transporte e a qualidade ambiental nos centros urbanos são preocupações presentes e que sempre retomam a questão do pedestre e do transporte coletivo urbano, em detrimento do transporte particular. A integração do pedestre, transporte coletivo eficiente e medidas de restrição ao uso de automóveis em concepções de projetos urbanos e de desenho urbano têm tido grande impacto positivo no desenvolvimento dos centros urbanos afetados por estes projetos (MAGALHÃES, 2004).

O objeto das intervenções de transportes é o ambiente de circulação, fusão do ambiente construído e os sistemas de circulação. Numa cidade, este ambiente construído é o

mesmo espaço urbano sobre o qual as diversas pessoas desenvolvem suas atividades cotidianas. E é na condição de pedestres que as relações com o ambiente desenvolvem-se de forma mais intensa (MAGALHÃES, 2004). Locomover-se a pé é o modo que proporciona condições de acesso básico a serviços essenciais, tais como emprego, saúde e educação, e as atividades sociais para pessoas que, na maioria dos casos, não podem optar por outros meios de transporte.

Paralelamente, há o grupo dos que preferem caminhar pelos benefícios que esta atividade traz à saúde, ou mesmo por ideologia (não concordar com o uso indiscriminado de automóveis, por exemplo). Pesquisas de origem-destino realizadas em cidades brasileiras mostram que mais de 30% dos deslocamentos em áreas urbanas são feitos a pé e a utilização de veículos automotores tem como objetivos dar conforto, poupar energia física e diminuir o tempo de deslocamento (MELLO, 2008).

Favorecer a acessibilidade e a mobilidade de pedestres e portadores de necessidades especiais, usuários mais vulneráveis no sistema de transportes, é uma ação promotora de justiça e igualdade. A adoção de medidas facilitadoras à locomoção de pedestres deve ser ampla, capaz de torná-los menos expostos às externalidades negativas produzidas pelo trânsito, tais como acidentes e diversos tipos de poluição ambiental. Muitos países desenvolvem políticas, programas e projetos que beneficiam a mobilidade e a acessibilidade de pedestres, como a Alemanha, Holanda, Inglaterra, Estados Unidos, Colômbia (Bogotá), Chile (Santiago), Brasil (Vitória, Campina Grande, Belo Horizonte e Brasília), segundo Machado (2007) e Mello (2008).

Existem situações nas quais a mobilidade e a acessibilidade são prejudicadas por falta de bom senso do usuário do sistema, esteja ele na condição de pedestre ou de condutor de algum meio de transporte. Há ainda as ocasiões onde o pedestre tem sua mobilidade interrompida por motivos que vão desde a obstrução de seu campo de visão em faixas ao desrespeito das regras de circulação impostas por leis, passando por falta de projetos adequados de engenharia de tráfego e de políticas e projetos públicos que amparem os cidadãos no papel de pedestres (MELLO, 2008).

A ampliação e a melhoria do sistema viário permitem o aumento da velocidade dos veículos, favorecendo sua mobilidade e acessibilidade, na medida em que trafegam mais rápido e confortavelmente. No entanto, o tráfego resultante expõe os usuários a um maior

risco de acidentes. Esta contradição torna necessária a adoção de medidas que proporcionem o equilíbrio entre acessibilidade, mobilidade e segurança no trânsito, particularmente no que se refere ao conflito entre veículos e pedestres (MELLO, 2008).

Com a promulgação do novo Código de Trânsito Brasileiro - CTB, no qual se aumentaram as multas e a intensidade das penalidades quando a infração implica em desrespeito aos direitos do pedestre, e, principalmente, com o controle eletrônico fotográfico dos limites de velocidade (DAROS, 2000).

2.5. TRAVESSIA DE PEDESTRES

Na visão de Cobra e Cobra (2004), a travessia de pedestres de forma correta, ou seja, nas devidas faixas para pedestres ou passarelas é uma imposição da lei, a qual também diz respeito aos condutores de veículos em relação ao respeito à travessia de pedestres.

De acordo com o DENATRAN (1979), existem dois tipos de travessia de pedestres: travessia com faixa para pedestres, sem semáforo; e travessia com semáforo e com faixa de pedestres.

2.5.1. Travessia com faixa para pedestres, sem semáforo

Este tipo de travessia é indicada para locais onde o fluxo de pedestres é variável ao longo do dia, sendo que a demanda de veículos permita que ocorram brechas entre eles, de maneira que os pedestres possam atravessar a via com segurança (DENATRAN, 1919).

Segundo o CTB, o pedestre que se encontra sobre a faixa de segurança tem preferência em relação ao veículo, devendo este reduzir a velocidade ou parar para permitir a conclusão da travessia (ARIOTTI, 2006). No entanto, nem sempre isso ocorre.

A figura 8 ilustra uma faixa de travessia de pedestres sem semáforo, na cidade de Belo Horizonte.

Figura 8 - Travessia de rua em faixa de pedestres sem semáforo.



Fonte: SENADO FEDERAL (2016).

2.5.2. Travessia com faixa de pedestre e com semáforo

A instalação de um semáforo em uma travessia faz-se necessária em locais onde se existe a imprescindibilidade de interrupção do fluxo de veículos para permitir que os pedestres atravessem a via. É recomendável para locais onde há maior fluxo de pedestres, com faixas exclusivas para ônibus. E, ainda, quando a demanda de pedestres gera perturbações na fluidez do tráfego veicular, aumentando o retardamento do trânsito (DENATRAN, 1979).

A figura 9 ilustra uma faixa de travessia de pedestres com semáforo, na cidade de Florianópolis.

Figura 9 - Travessia de rua em faixa de pedestres com semáforo.



Fonte: Diário Catarinense (2016).

Além de outros fatores, trata-se de uma questão de qualidade das condições das faixas para o auxílio na travessia de pedestres, a qual, no Brasil, ainda é muito abaixo do esperado, estas deveriam ser bem conservadas, iluminadas e sinalizadas.

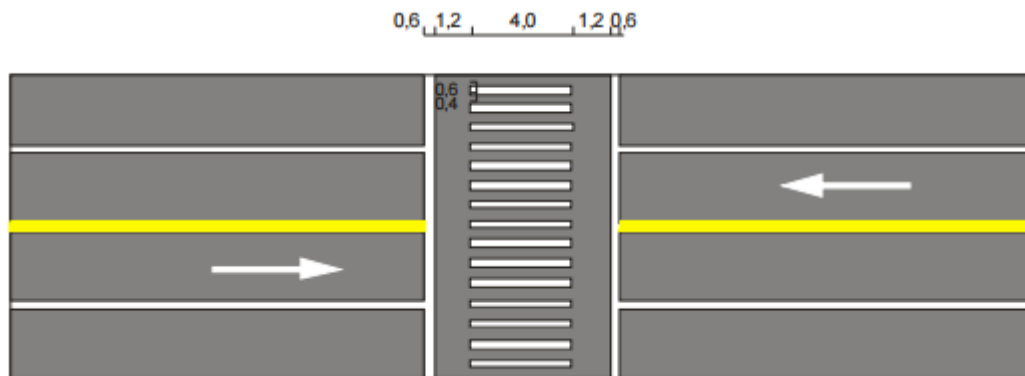
2.6. FAIXA DE PEDESTRES NO BRASIL

De acordo com Ariotti (2006), a concepção de projetos de engenharia de tráfego com ênfase na circulação de pedestres deve considerar as preferências e percepções dos usuários, visando uma maior probabilidade de uso efetivo e correto das estruturas projetadas.

As faixas de pedestres são elementos vitais do sistema de transporte, pois quando projetadas e desenhadas adequadamente criam expectativas dos motoristas de onde os pedestres irão atravessar a via e incentivam os pedestres para o uso adequado das estruturas (ARIOTTI, 2006).

A rua é um lugar repleto de linguagem e significados concretos e abstratos. Nela está inscrita a história, a vida dos que nela circulam manifestando-se através de suas relações sócio econômicas, políticas e culturais. A rua é o palco onde acontece a reprodução de situações conflitantes no trânsito entre motoristas e pedestres (ALMEIDA, 2008). Por isso a implantação de faixa de pedestres deve restringir-se a locais onde se possa garantir seu uso correto, aumentando a segurança do transeunte (ARIOTTI, 2006).

De acordo com o Manual de Sinalização do BRASIL (2010), as faixas de pedestres são marcas dispostas transversalmente ao eixo da via, para definir a área destinada à travessia de pedestres e regulamentar a prioridade de passagem dos pedestres em relação aos veículos. A FTP-1, tipo zebra, mais comumente utilizada em rodovias, é composta por linhas contínuas de cor branca, paralelas entre si e ao eixo da via, com largura e espaçamento entre elas de 40 centímetros, e comprimento de 4 metros, distando, pelo menos, 1,20 metro das Linhas de Retenção (LRE) e estendendo-se pelo acostamento, quando este for pavimentado, como se observa na Figura 10, a seguir. Admitem-se variações em relação às dimensões apresentadas, em função de peculiaridades locais.

Figura 10 – Faixas de travessia de pedestres

Fonte: BRASIL (2010)

Devem ser utilizadas em locais semaforizados ou não, onde o volume de pedestres for significativo, tais como em polos geradores de tráfego, ou em locais específicos, onde aspectos de segurança devem ser observados, tais como escolas, hospitais, postos de saúde, entre outros. Devem sempre ser associadas com a marca transversal LRE, com inscrições no pavimento, tais como Escola, a 150 m, com sinalização vertical de advertência apropriada, do tipo A-32b – Passagem Sinalizada de Pedestres e A-33b – Passagem Sinalizada de Escolares, e podem ainda vir associadas a semáforos, placas de regulamentação de velocidade e dispositivos de redução de velocidade (BRASIL, 2010).

2.7. VISIBILIDADE

A visibilidade de manhã ou a tarde, na penumbra ou à noite é um fator essencial na análise dos acidentes de trânsito, especialmente no que se refere aos atropelamentos.

Tanto para o condutor como para o pedestre, a questão da visibilidade é um fator de muita importância nos acidentes de trânsito, como é possível observar conforme a Figura 11. Os pedestres podem não ser percebidos pelos motoristas, além de correr o risco de não ver a aproximação de veículos. Por isso é aconselhável que ao menos no período noturno o pedestre use roupas claras, braçadeiras reflexivas, faixas e adesivos reflexivos nas mochilas, bicicletas, vestuário, o que permite aos condutores de veículos perceber melhor a presença de pedestres e assim lhes proporcionar maior segurança. (POR VIAS SEGURAS, 2012).

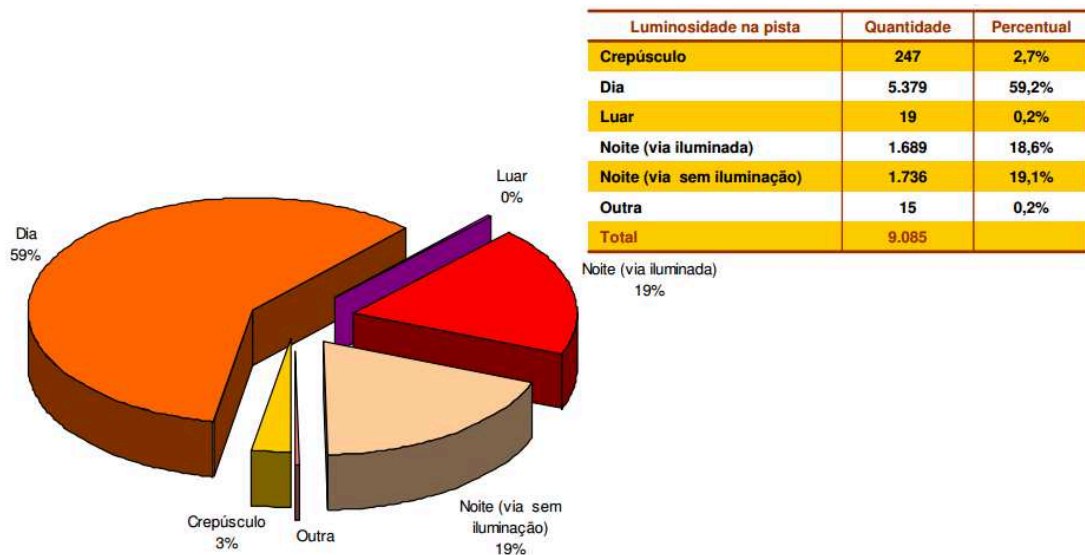
Figura 11 - Condições de Visibilidade Noturna



Fonte: POR VIAS SEGURAS (2012).

Na Figura 12 é possível observar o elevado percentual de acidentes que ocorrem durante a noite em vias iluminadas (18,6%) e sem iluminação (19,1%), percentuais que juntos somam quase 40% dos acidentes em rodovias catarinenses.

Figura 12 - Quantidades de acidentes/luminosidade da pista em rodovias catarinenses.



Fonte: POLÍCIA MILITAR RODOVIÁRIA - SC (2011).

2.8. SINALIZAÇÃO

O Anexo I do CTB (2008) estabelece que a sinalização é o conjunto de sinais de trânsito e dispositivos de segurança alocados na via com o objetivo de garantir melhor fluidez no trânsito e maior segurança aos usuários que nela circulam.

A sinalização tem como principal objetivo proteger o usuário, controlar e orientar o trânsito. Para ser bem compreendida pelos usuários deve ser simples, clara e precisa, eficiente, visível e uniforme. (LIBERALESSO, 2014).

“A sinalização é um sistema para controle do trânsito, por meio de mensagens

transmitidas ao motorista e ao pedestre. Ela consegue realizar a adaptação do homem ao binômio veículo-via. Diz-se com muita razão que a sinalização implanta no corpo inanimado da via a alma capaz de dar-lhe vida”

Dorival Ribeiro

Os usuários das vias estão expostos a grandes quantidades de informações visuais durante o seu trajeto, obrigando-os a selecionar as que são mais importantes para dirigir com segurança. Estas informações estão estabelecidas no CTB sancionado pela lei nº 9503, de 23 de setembro de 1997. (MOREIRA E MENEGON, 2003).

A integração motorista e pedestre é feita pela utilização de sinalização apropriada, onde ambos devem ter consciência que a sua adequada utilização reduz em muito a probabilidade de ocorrência de um acidente. As faixas de pedestres são elementos vitais do sistema de transporte. Quando projetadas e localizadas adequadamente desempenham duas importantes funções. (SISIOPIKU, 2000):

- Criar a expectativa dos motoristas de onde os pedestres poderiam atravessar a via;
- Incentivar os pedestres para o uso adequado das estruturas.

A sinalização rodoviária possui papel fundamental na segurança e orientação dos usuários das vias, torna-se cada vez mais essencial à medida que a velocidade operacional e o volume de tráfego crescem. O objetivo dos sinais de trânsito (sinalização vertical, sinalização horizontal, dispositivos auxiliares, sinalização semafórica, sinalização de obras e sinalização de gestos) é de comunicar aos usuários das rodovias, normas, instruções e informações que visem à circulação segura e correta. (BRASIL, 2010).

Os sinais têm a função de transmitir aos usuários informações adequadas nos momentos em que são necessárias, tais como os cuidados a tomar por motivo de segurança, os destinos a seguir e as faixas de tráfego a utilizar. As sinalizações horizontal e vertical são projetadas de acordo com as distâncias de visibilidade necessárias, dimensões de faixas de mudança de velocidade, eventuais pontos perigosos, entre outros elementos. (BRASIL, 2010).

Logo, buscou-se a padronização dos sinais com o objetivo de obter reações idênticas de usuários diferentes submetidos às mesmas situações, e também para transmitir mensagens claras e compreensíveis, possibilitando ao observador uma interpretação clara e precisa. (BRASIL, 2010).

Assim a sinalização deve ter boa visibilidade, significado claro e não ambiguidade, de forma que oriente os usuários que não são familiarizados com a via. (BRASIL, 2010).

Para Moreira e Menegon (2003) a sinalização para ser eficiente e cumprir o seu papel deve possuir requisitos como:

- Atrair a atenção;
- Impor respeito ao usuário;
- Transmitir uma mensagem simples e inequívoca;
- Ser vista, de modo a permitir que o usuário da via execute as manobras necessárias com segurança.

Para que possa ser visualizada no período noturno, a sinalização deve ser retrorrefletiva, condição esta que aumenta a quantidade de luz que quando emitida pelos faróis dos veículos, retorna aos olhos dos condutores após atingir a sinalização com tal característica. (MOREIRA e MENEGON, 2003).

Segundo o BRASIL (1999) para atrair a atenção e a confiança do usuário, permitindo-lhe ainda um tempo de reação adequado, depende de um conjunto de fatores que compõe o ambiente operacional da via, como:

- Densidade e tipo do tráfego que se utiliza da via;
- Velocidade dos veículos;
- Complexidade de percurso e de manobra em função das características da via;
- Tipo e intensidade de ocupação lateral da via (uso do solo).

Para o Conselho Nacional de Trânsito - CONTRAN (2007), para a real eficácia dos sinais de trânsito, deve-se atentar aos princípios norteadores de legalidade, suficiência, padronização, clareza, precisão, visibilidade e legibilidade, manutenção e conservação. Para atender a esses princípios, são necessárias a implantação adequada e a manutenção permanente da sinalização rodoviária.

Legalidade, conforme o Código de Trânsito Brasileiro – CTB e legislações complementares;

Suficiência, permitir fácil percepção, com quantidade de sinalização compatível com a necessidade;

Padronização, seguir um padrão legalmente estabelecido;

Uniformidade, situações iguais devem ser sinalizadas com os mesmo critérios;

Clareza, transmitir mensagens objetivas de fácil compreensão;

Precisão e confiabilidade, ser precisa e confiável, corresponder à situação existente, ter credibilidade;

Visibilidade e legibilidade, ser vista à distância necessária, ser interpretada em tempo hábil para a tomada de decisão;

Manutenção e conservação, estar permanentemente limpa conservada e visível;

Para se ter essas condições a sinalização deve ter boa visibilidade diurna (contraste) e noturna (retrorefletividade).

De acordo com a Pesquisa CNT de Rodovias nacionais (CNT, 2013) que leva em consideração elementos e aspectos da sinalização vertical e horizontal, em que 32,7% da extensão analisada os dispositivos foram avaliados como Ótimo (11,7%) ou Bom (21,0%), mostrando que, em 31.617 km da extensão os sinais indicativos de faixas centrais ou laterais e as placas trazem informações adequadas aos usuários, resultando em maior segurança e agilidade ao tráfego, como mostra a Figura 13.

Figura 13 - Condições das Rodovias



Fonte: CNT (2013)

Porém 33,2% (32.145 km) da extensão, a sinalização foi classificada como regular. A sinalização é ruim em 21,1% da extensão e péssima em 13%. Nestes 32.952 km (34,1%), a sinalização não cumpre sua função, o que se deve ao fato de as pinturas das faixas centrais e

laterais em sua maioria estarem desgastadas ou inexistentes em boa parte da extensão pesquisada.

De acordo com o *Manual Uniform Traffic Control Devices* (MUTCD, 2003), para que a sinalização viária seja efetiva, deve ter cinco requisitos básicos: atender a uma necessidade; chamar atenção; transmitir uma informação clara; regulamentar as informações dos usuários da via; e principalmente dar um tempo adequado para uma resposta apropriada. A sinalização tem o papel de avisar para um evento subsequente, que ainda está por vir. Assim o usuário não precisa tomar a decisão apenas quando vir o perigo.

Por Castilho (2009), a sinalização viária divide-se em três subsistemas: sinalização semafórica, vertical e horizontal.

2.8.1. Sinalização Semafórica

O CTB (2008) diz que a sinalização semafórica é, através de um mecanismo elétrico/eletrônico, um sistema composto de indicações luminosas acionadas alternada ou intermitentemente e cuja função é controlar deslocamentos.

Segundo DENATRAN (2011), a sinalização semafórica tem por finalidade transmitir aos usuários a informação sobre o direito de passagem em interseções e/ou seções de via onde o espaço viário é disputado por dois ou mais movimentos conflitantes, ou advertir sobre a presença de situações na via que possam comprometer a segurança dos usuários. É classificada, segundo sua função em:









- Sinalização semafórica de regulamentação – tem a função de efetuar o controle do trânsito numa interseção ou seção de via, através de indicações luminosas, alternando o direito de passagem dos vários fluxos de veículos e/ou pedestres;
- Sinalização semafórica de advertência – tem a função de advertir sobre a existência de obstáculo ou situação perigosa, devendo o condutor reduzir a velocidade e adotar as medidas de precaução compatíveis com a segurança para seguir adiante. As cores dos dispositivos luminosos são referentes à sua função. As Figura 14 e 15 mostram as cores e sinais descritos no Manual Brasileiro de Sinalização de Trânsito (2009):

Figura 14 - Cores e sinais para a sinalização de trânsito

FORMA	COR	SINAL	SIGNIFICADO	AÇÃO DO USUÁRIO DA VIA
Quadrada	Vermelha	 	Indica para o pedestre a proibição da travessia	O pedestre não deve iniciar a travessia
	Vermelha (intermitente)	 	Indica para o pedestre o término do direito de iniciar a travessia. Sua duração deve permitir a conclusão das travessias iniciadas no tempo de verde.	O pedestre não deve iniciar a travessia. O pedestre que já iniciou a travessia no tempo de verde deve concluí-la, atentando para o fato de que os veículos estão prestes a receber indicação luminosa verde.
	Verde		Indica para o pedestre a permissão do direito de travessia	O pedestre tem a permissão de iniciar a travessia

Fonte: Manual Brasileiro de Sinalização de Trânsito (2009)

Figura 15 - Cores e sinais para a sinalização de trânsito

FORMA	COR	SINAL	SIGNIFICADO	AÇÃO DO USUÁRIO DA VIA
Circular	Vermelha		Indica a proibição do direito de passagem	Obrigatoriedade do condutor em parar o veículo
	Amarela		Indica o término do direito de passagem	O condutor deve parar o veículo salvo se não for possível imobilizá-lo em condições de segurança
	Verde		Indica a permissão do direito de passagem	O condutor tem a permissão de iniciar ou prosseguir em marcha, podendo efetuar os movimentos de acordo com a indicação luminosa e observar as normas de circulação e conduta
	Amarela (intermitente)		Adverte da existência de situação perigosa ou obstáculo	O condutor deve reduzir a velocidade e observar as normas de circulação e conduta
	Amarela com seta (opcional)		Indica término do direito de passagem em semáforo direcional.	O condutor deve parar o veículo salvo se não for possível imobilizá-lo em condições de segurança
	Vermelha		Indica a proibição do direito de passagem de acordo com a direção e sentido da seta apresentada na indicação luminosa.	Obrigatoriedade do condutor em parar o veículo de acordo com a indicação luminosa
	Verde		Indica a permissão do direito de passagem, de acordo com a direção e sentido da seta apresentada na indicação luminosa.	O condutor tem a permissão de iniciar ou prosseguir em marcha, podendo efetuar os movimentos de acordo com a indicação luminosa e observar as normas de circulação e conduta
	Vermelha		Indica, por meio do símbolo "X", a proibição de circular na faixa sinalizada	O condutor não deve circular pela faixa sinalizada
	Verde		Permite a circulação na faixa indicada pela seta	O condutor tem a permissão de circular pela faixa sinalizada
	Vermelha		Indica para o ciclista a proibição do direito de passagem	Obrigatoriedade do ciclista em parar o veículo
	Verde		Indica para o ciclista a permissão do direito de passagem	O ciclista tem a permissão de iniciar ou prosseguir em marcha.

Fonte: Manual Brasileiro de Sinalização de Trânsito (2009)

2.8.2. Sinalização Vertical

Segundo o CTB (2008), a sinalização vertical é um subsistema da sinalização viária que possui seu meio de comunicação na posição vertical, normalmente fixado ao lado da pista ou suspenso sobre ela. Constitui-se de placas, painéis e balizadores. Os elementos verticais mais utilizados são as placas fixadas em postes com altura aproximada à visão horizontal dos motoristas.

Segundo o Manual de Sinalização, a sinalização vertical tem por função a regulamentação do uso da via, a advertência para situações potencialmente perigosas ou problemáticas, do ponto de vista operacional, o fornecimento de indicações, orientações e informações aos usuários, além do fornecimento de mensagens educativas. Para que a sinalização vertical seja efetiva, devem ser considerados os seguintes fatores para os seus dispositivos: posicionamento dentro do campo visual do usuário; legibilidade das mensagens e símbolos; mensagens simples e claras; e também padronização além de letras com tamanhos e espaçamentos adequados a característica da via. (BRASIL, 2010)

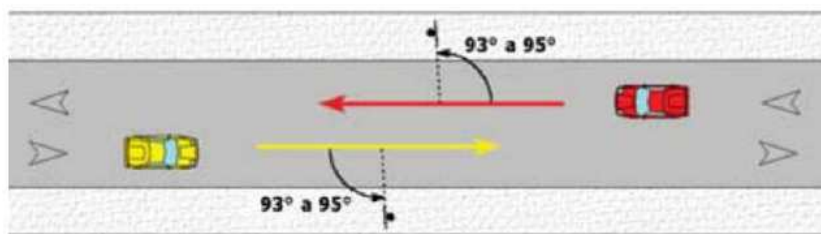
O CTB (2008) padroniza as informações sobre a sinalização, associadas a um tipo de mensagem que pretendem transmitir, sejam elas de regulamentação, advertência ou indicação.

2.8.2.1. Posicionamento na via

Para o CONTRAN (2007) a sinalização deve ser colocada no bordo direito da via no sentido do fluxo de tráfego que devem regulamentar, fazendo um ângulo com o sentido do fluxo de tráfego de 93° a 95° , voltadas para o lado externo da via, conforme mostrado na Figura 16. Esta inclinação visa garantir que o usuário tenha boa visibilidade e leitura de sinais, evitando o reflexo especular que pode ocorrer com a incidência de luz sobre a placa.

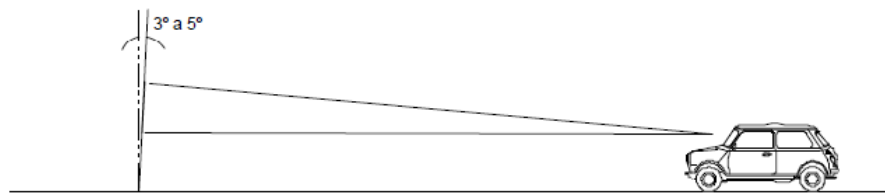
O BRASIL (2010) além de determinar uma deflexão horizontal proposta pelo CONTRAN (2007) também determina que aos sinais suspensos devem ter os painéis posicionados de maneira a formar um ângulo com a vertical de 3° a 5° conforme mostrado na Figura 17.

Figura 16 - Deflexão Horizontal da Sinalização Vertical junto a via



Fonte: CONTRAN – Volume II- Sinalização de Advertência (2007)

Figura 17 - Deflexão Vertical da Sinalização Vertical junto a via



Fonte: BRASIL (2010)

2.8.2.2. Critérios de locação

Segundo o CONTRAN (2007) a sinalização de advertência deve ser colocada antes do ponto onde ocorre o perigo ou situação inesperada a uma distância mínima em que permita ao condutor tempo suficiente para perceber, reagir e manobrar de forma segura.

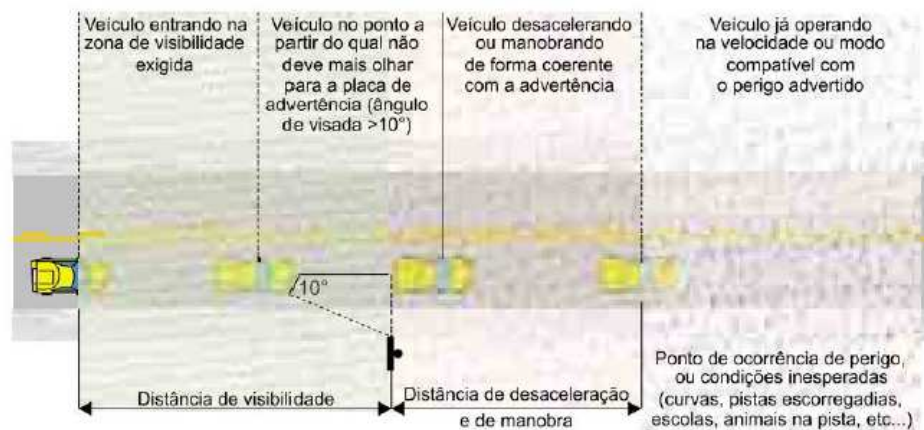
Para posicionamento ao longo da via são analisados os seguintes aspectos:

- Distância de Visibilidade;
- Distância de Manobra/e ou desaceleração.

O posicionamento da sinalização junto a via segue conforme estipulado pela Figura

18.

Figura 18 - Locação da Sinalização de Advertência junto a via



Fonte: CONTRAN – Volume II- Sinalização de Advertência (2007)

2.8.2.3. Distância de Visibilidade

Segundo o Manual de Sinalização, a distância mínima de visibilidade necessária para a visualização do sinal é composta pela distância de percurso na velocidade de operação da via, correspondente ao tempo de percepção e reação, acrescida da distância que vai desde o ponto limite do campo visual do motorista, até o sinal. A Tabela 5 relaciona distâncias

mínimas de visibilidade para as velocidades de operação comumente consideradas, para um tempo de percepção e reação de 2,5 segundos. (BRASIL, 2010)

Tabela 5 - Distância de Visibilidade da Sinalização de Advertência

Velocidade de Operação (km/h)	Distância Mínima de Visibilidade (m)
40	60
50	70
60	80
70	85
80	95
90	105
100	115
110	125
120	135

Fonte: BRASIL (2010)

2.8.2.4. Distância de manobra e/ou desaceleração

Segundo o CONTRAN (2007) a distância entre a placa e o ponto de risco deve ser tal que permita que o motorista desacelere e manobre com segurança até a parada do veículo, conforme a placa ou situação determinar. Esta distância depende da velocidade de aproximação ou do tipo de manobra necessária.

Essa distância mínima é obtida pela correlação entre a velocidade de aproximação e a velocidade final para que o veículo execute a manobra com segurança, conforme mostra a Tabela 6.

Tabela 6 - Distância de Manobra ou de Parada

Velocidade Aproximação (km/h)	Distância de desaceleração e/ou manobra – (m):												
	Veloc: km/h	zero	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110
40	Distância (m)	31	29	23	14	-							
50		48	46	41	31	17	-						
60		69	68	62	52	39	21	-					
70		95	93	87	77	64	46	25	-				
80		123	122	116	106	93	75	54	29	-			
90		156	154	149	139	125	108	87	62	33	-		
100		193	191	185	176	162	145	123	98	69	37	-	
110		232	231	226	216	203	185	164	139	110	77	41	-
120		278	276	270	260	247	230	208	183	154	122	85	44

Fonte: CONTRAN – Volume II- Sinalização de Advertência (2007)

O CONTRAN (2007) adota alguns padrões de distância mínima necessária para se efetuar a manobra de desaceleração e/ou a parada, conforme mostrado na Tabela 7.

Tabela 7 - Distância de Manobra ou Parada

Tipo de vias	Velocidade -V (km/h)	Distância mínima de desaceleração e/ou manobra (m)
Urbanas	$V < 60$	50
	$60 \leq V < 80$	100
	$V \geq 80$	150
Rurais	$V < 60$	100
	$60 \leq V \leq 80$	150
	$V > 80$	200

Fonte: BRASIL - Manual de Sinalização Rodoviária (1999)

2.8.2.5. Películas usadas na Sinalização Vertical

No Brasil, a Norma Brasileira Regulamentadora que especifica os materiais retrorrefletivos que podem ser utilizados na sinalização vertical é a NBR 14644/2007, nela são especificados os materiais, as tecnologias e os índices de retrorrefletividade.

Para a NBR 14644 (2007) as películas retrorrefletivas Tipo IA conhecidas como “grau técnico ou grau engenharia”, são constituídos por microesferas de vidro, agregadas a uma resina sintética, espelhadas por filme metalizado e recobertas por um filme plástico e flexível, que confere uma superfície lisa e plana, permitindo apresentar a mesma cor, durante o dia e a noite, quando observados à luz dos faróis dos veículos.

Esta norma especifica também que películas retrorrefletivas Tipo IB são conhecidas como “grau superengenharia”, são idênticas às películas Tipo IA, porém com material de melhor qualidade, permitindo valores de retrorreflexão mais elevados. Segundo a NBR 14644 (2007) as películas retrorrefletivas Tipo II comercialmente conhecida como “alta intensidade”, são constituídas por microesferas de vidro agregadas a uma resina sintética em uma camada de ar, cobertas por um filme plástico transparente e flexível, que confere uma superfície lisa e plana, permitindo apresentar a mesma cor durante o dia e noite quando observada à luz dos faróis de um veículo.

A NBR 14644 (2007) diz que películas retrorrefletivas Tipo III são conhecidas como “alta intensidade prismática” são constituídas por lentes prismáticas não metalizadas, gravadas em uma resina sintética transparente e selada em uma camada de ar por uma fina camada de resina, que confere uma superfície lisa e plana permitindo apresentar mesma cor durante o período do dia e durante o período da noite quando incidida pela luz dos faróis de um veículo. Essa películas devem ser resistentes às intempéries e possuir um adesivo sensível à pressão, protegido por um filme de fácil remoção.

As cores fluorescentes proporcionam aos motoristas maior impacto visual, em comparação às cores normais, durante o período diurno e noturno, sob condições de baixa visibilidade e até mesmo durante o amanhecer, entardecer ou quando existir neblina. São utilizadas nas cores amarela, laranja e amarela lima-limão. (LIBERALESSO, 2014).

Para a NBR 14664 (2007) películas retrorrefletivas Tipo IV são constituídas por filmes plástico vinílicos com plastificante polimérico, destinado a produção de tarjas, legendas e símbolos em placas de sinalização. As películas devem possuir um adesivo sensível à pressão, protegidos por um filme de fácil remoção. São utilizados para aplicação sobre películas retrorrefletivas da cor branca. Também especifica que as películas não retrorrefletivas coloridas translúcidas Tipo V são constituídas por um filme plástico projetado para a fabricação de sinais por corte eletrônico. As películas devem ser resistentes às intempéries e possuir um adesivo sensível à pressão.

A NBR 14664 (2007) diz que as películas retrorrefletivas Tipo VI são elastométricas, constituídas por lentes prismáticas vinílicas não metalizadas, sem adesivo, sem necessidade do uso de substrato, para uso temporário, gravadas em uma resina sintética transparente que confere uma superfície lisa e plana, permitindo apresentar mesma cor durante o dia e a noite quando incidida pela luz dos faróis de um veículo.

Segundo a NBR 14644 (2007) as películas retrorrefletivas Tipo VII são indicadas para longas e médias distâncias e são constituídas por lentes prismáticas não metalizadas, gravadas em uma resina sintética transparente e seladas em uma camada de ar por uma fina camada de resina, que confere uma superfície lisa e plana.

Películas retrorrefletivas Tipo VIII são indicadas para longas e médias distâncias e são constituídas por lentes prismáticas metalizadas, gravadas em uma resina sintética transparente, que confere uma superfície lisa e plana. (NBR 14664, 2007).

Películas retrorrefletivas Tipo IX são indicadas para médias e curtas distâncias e são constituídas de lentes prismáticas não metalizadas, gravadas em um resina sintética transparente e selada em uma camada de ar por uma fina camada de resina, que confere um superfície lisa e plana. (NBR 14664, 2007).

As películas retrorrefletivas Tipo X são indicadas para longas, médias e curtas distância, são constituídas por lentes prismáticas não metalizadas, gravadas em um resina sintética transparente e selada em uma camada de ar por uma fina de resina, que confere uma superfície lisa e plana, permitindo apresentar a mesma cor, durante o período diurno e o noturno quando observada à luz dos faróis de um veículo. (NBR 14664, 2007).

A Tabela 8 mostra a tecnologia empregada para as películas, os tipos de películas, os respectivos nomes comerciais, a durabilidade e a retenção de Retrorrefletividade.

Tabela 8 - Tipos de Materiais Retrorrefletivos dos Sinais Verticais de Trânsito

Base Tecnológica	Tipo de Película	Nome Comercial	Durabilidade (anos)	Retenção da retrorrefletividade* (% em relação à inicial)
Micro Esferas de Vidro	Tipo IA	Grau Técnico ou Grau Engenharia	7	50%
	Tipo IB	Super Grau Engenharia	10	50%
	Tipo II	Alta Intensidade Encapsulado	10	80%
Prismática	Tipo III	Alta Intensidade Prismática	10	80%
	Tipo VI	Obras (Elastomérica)	3	80%
	Tipo VII	Grau Diamante LDP ou Prismática MVP	10	80%
	Tipo VIII	Conspicuity Metalizado	10	80%
	Tipo IX	Grau Diamante VIP	10	80%
	Tipo X	Grau Diamante Cúbico ou Omni View	10	80%

* Retenção de retrorrefletividade no final da vida útil.

Fonte: NBR 14644 (2007)

Esta norma especifica a retrorrefletividade mínima inicial para todas as cores padronizadas de sinalização viária. Mostra a retrorrefletividade nos ângulos mas comumente utilizados para leitura, os de 0,2° de observação e -4° de entrada, conforme Tabela 9.

Tabela 9 - Retrorrefletividade Mínima Inicial das Películas de Sinalização Viária

Tipo de Película	Retrorrefletividade inicial (cd/lux/m ² a 0,2° e -4°)									
	CORES PADRONIZADAS DE SINALIZAÇÃO									
	Branca	Amarela	Laranja	Verde	Vermelha	Azul	Marrom	Amarela lima-limão fluorescente	Amarela fluorescente	Laranja fluorescente
Tipo IA	70	50	25	9	14	4	1	-	-	-
Tipo IB	140	100	60	30	30	10	5	-	-	-
Tipo II	250	170	100	45	45	20	12	-	-	-
Tipo III	360	270	145	50	65	30	18	290	220	105
Tipo VI	500	350	125	60	70	45	-	400	300	200
Tipo VII	700	525	265	70	105	42	21	480	375	200
Tipo VIII	700	470	280	120	120	56	-	-	-	-
Tipo IX	380	285	145	38	76	17	-	300	230	115
Tipo X	425	395	210	52	106	26	-	420	330	165

Fonte: NBR 14644 (2007)

Para Castilho (2009) quanto maior o índice de refletividade, ou seja, mais “brilhante” é a película, maior a eficácia do retorno da luz incidente do farol aos olhos do motorista.

2.8.2.6. Aspectos Normativos

No Brasil, a norma que rege os métodos e critérios para a avaliação da retrorrefletividade da sinalização vertical viária é a NBR 15426/2006 com título: Sinalização vertical viária – Avaliação da retrorrefletividade utilizando retrorrefletômetro portátil. Com base na NBR 15426/2006 da ABNT, seguem as definições:

Ângulo de entrada β : ângulo entre o eixo de iluminação e o eixo do retrorrefletor.

Ângulo de incidência: igual ao ângulo de entrada.

Ângulo de observação, α : ângulo entre o eixo de iluminação e o eixo de observação.

Coefficiente de retrorrefletividade (RA): Relação entre o coeficiente de intensidade luminosa (RI) de uma superfície retrorrefletiva plana para sua área (A), expressa em candelas por lux por metro quadrado ($\text{cd.lx}^{-1}\text{m}^{-2}$).

Retrorrefletômetro portátil: instrumento manual que pode ser usado em campo ou em laboratório para medida de retrorrefletividade em uma geometria padrão.

Retrorrefletividade: reflexão na qual os raios refletidos são devolvidos preferencialmente em direções próximas e em sentido oposto à direção dos raios incidentes, com esta propriedade sendo mantida sob grandes variações da direção dos raios incidentes.

Quanto ao equipamento:

O retrorrefletômetro deve ser portátil, com a capacidade de ser colocado em várias posições nos materiais refletivos. O retrorrefletômetro deve ser construído de forma que a colocação sobre o material impeça a entrada de luz difusa na área de medição do instrumento e afete a leitura. A geometria de medição do equipamento deve ter ângulo de entrada de $-4,0^\circ$ e ângulo de observação de $0,2^\circ$ (ABNT, 2006).

Quanto ao procedimento:

- o retrorrefletômetro deve se ajustado usando um material de referência, seguindo-se as instruções do fabricante.
- alternativamente pode-se obter um fator de correção dividindo a retrorrefletividade conhecida do material de referência pela leitura do aparelho.
- realizar as medições colocando-se o retrorrefletômetro na posição vertical e em contato com a face do sinal a ser avaliado. Registrar as leituras efetuadas em cinco locais diferentes que representem a totalidade da área do mesmo sinal. No caso de placas moduladas, deve ser efetuada pelo menos uma medida em cada módulo.
Nota: as medidas de retrorrefletividade devem ser efetuadas nos sinais secos, no estado em que se encontram (ABNT, 2006).

2.8.3. Sinalização horizontal

Segundo o CONTRAN (2007) a sinalização horizontal é um subsistema da sinalização viária composta de marcas, símbolos e legendas, apostos sobre o pavimento. E tem a finalidade de fornecer informações que permitam aos usuários das vias adotarem comportamentos adequados, de modo a aumentar a segurança e fluidez do trânsito, ordenar o fluxo de tráfego, canalizar e orientar os usuários da via.

Segundo o Manual de Sinalização, a sinalização rodoviária horizontal é definida como o conjunto de marcas, símbolos e legendas aplicados sobre o revestimento de uma rodovia, de acordo com um projeto desenvolvido, para propiciar condições adequadas de

segurança e conforto aos usuários. (BRASIL, 2010) Para a sinalização horizontal proporcionar segurança e conforto aos usuários deve cumprir as seguintes funções:

- Ordenar e canalizar o fluxo de veículos;
- Orientar os deslocamentos dos veículos, em função das condições de geometria da via (traçado em planta e perfil longitudinal), dos obstáculos e de impedâncias decorrentes de travessias urbanas e áreas ambientais;
- Complementar e enfatizar as mensagens transmitidas pela sinalização vertical indicativa, de regulamentação e de advertência;
- Regular os casos previstos no Código de Trânsito Brasileiro, mesmo na ausência de placas de sinalização vertical, em especial a proibição de ultrapassagem (Artigo 203, inciso V);
- Transmitir mensagens claras e simples;
- Possibilitar tempo adequado para uma ação correspondente; e – Atender a uma real necessidade.

A sinalização horizontal tem extrema importância pois permite o melhor aproveitamento do espaço viário; aumenta a segurança em condições adversas de clima (Neblina, chuva e período noturno); contribui para a redução de acidentes e transmite mensagens aos usuários da via. (Manual de Sinalização de Trânsito – Volume IV), porém apresenta algumas limitações como reduzida durabilidade, pois está sujeita ao tráfego intenso e visibilidade deficiente, quando sob neblina, pavimento molhado, sujeira ou quando houver tráfego intenso.

O DNIT divide a sinalização horizontal em:

- a) Marcas longitudinais: separam e ordenam os fluxos de tráfego e regulamentam a ultrapassagem, conforme a cor:
 - Linhas contínuas: servem para delimitar a pista e separar faixas de tráfego de fluxos veiculares de mesmo sentido ou de sentidos opostos de circulação, conforme a cor.
 - Linhas tracejadas ou seccionadas: ordenam os fluxos veiculares de mesmo sentido ou de sentidos opostos de circulação, conforme a cor.

b) Marcas transversais: ordenam os deslocamentos de veículos (frontais) e de pedestres, induzem a redução de velocidade e indicam posições de parada em interseções e faixas de pedestres.

c) Marcas de canalização: usadas para direcionar os fluxos veiculares em situações que provoquem alterações na trajetória natural, como nas interseções, nas mudanças de alinhamento da via e nos acessos.

d) Marcas de delimitação e controle de parada e/ou estacionamento: usadas em associação à sinalização vertical, para delimitar e controlar as áreas onde o estacionamento ou a parada de veículos é proibida ou regulamentada.

e) Inscrições no pavimento: setas direcionais, símbolos e legendas: usadas em complementação ao restante da sinalização horizontal, para orientar e advertir o condutor quanto às condições de operação da via. (BRASIL, 2010, p.221)

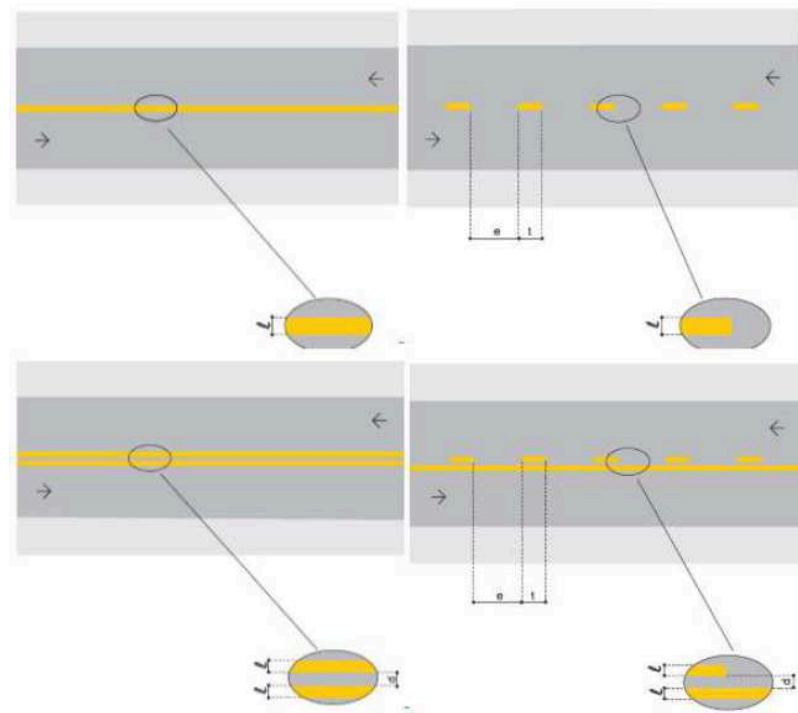
Para o CONTRAN (2007) as marcas longitudinais separam e ordenam o tráfego, definindo a parte da pista em que os veículos circularam, a divisão em faixas do mesmo sentido, a divisão do fluxo oposto, as faixas de uso exclusivo, as faixas reversíveis, além de estabelecer regras de ultrapassagem e transposição.

São divididas em:

- Linha de Divisão de Fluxos opostos (LFO);

A Figura 19 mostra exemplos de Linhas de divisão de fluxos opostos.

Figura 19 - Divisão de Fluxos Opostos

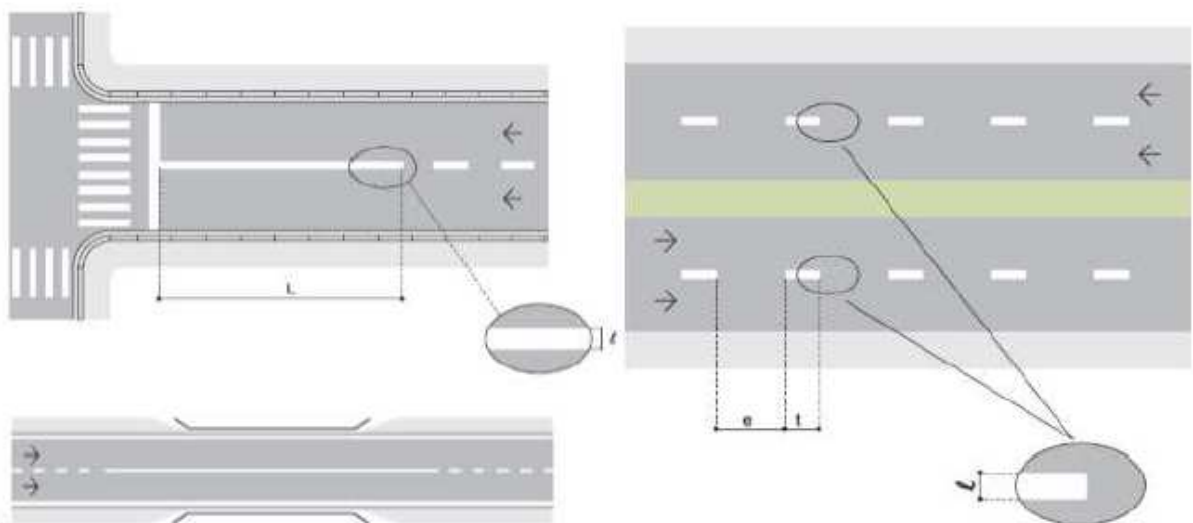


Fonte: CONTRAN – Volume IV- Sinalização Horizontal (2007)

- Linha de Divisão de Fluxos de mesmo sentido (LMS);

A Figura 20 mostra exemplo de linhas de divisão de fluxos de mesmo sentido.

Figura 20- Linhas de Divisão de Fluxos de Mesmo Sentido

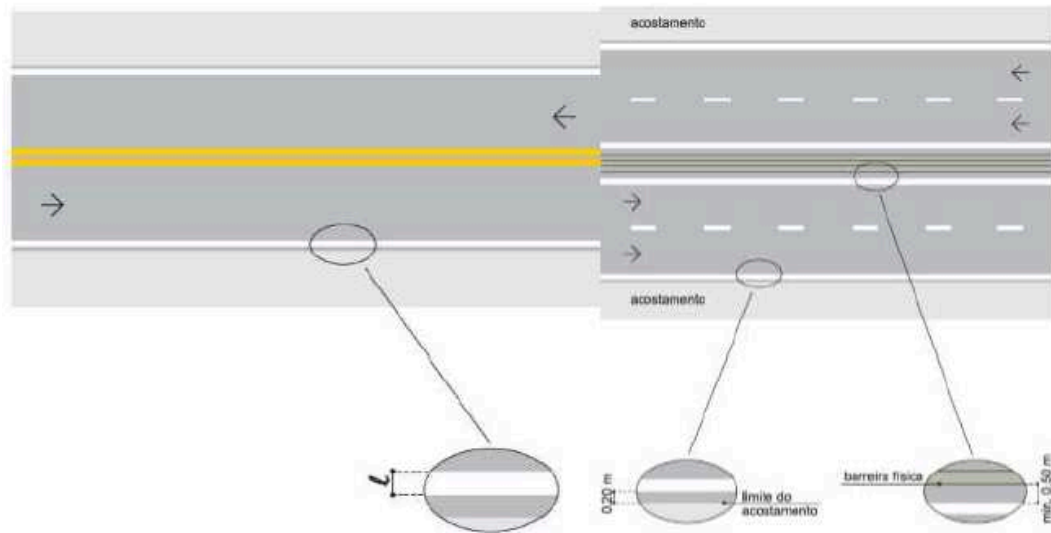


Fonte: CONTRAN – Volume IV- Sinalização Horizontal (2007)

- Linha de Bordo (LBO);

A Figura 21 mostra exemplos de linha de bordo.

Figura 21 - Linha de Bordo

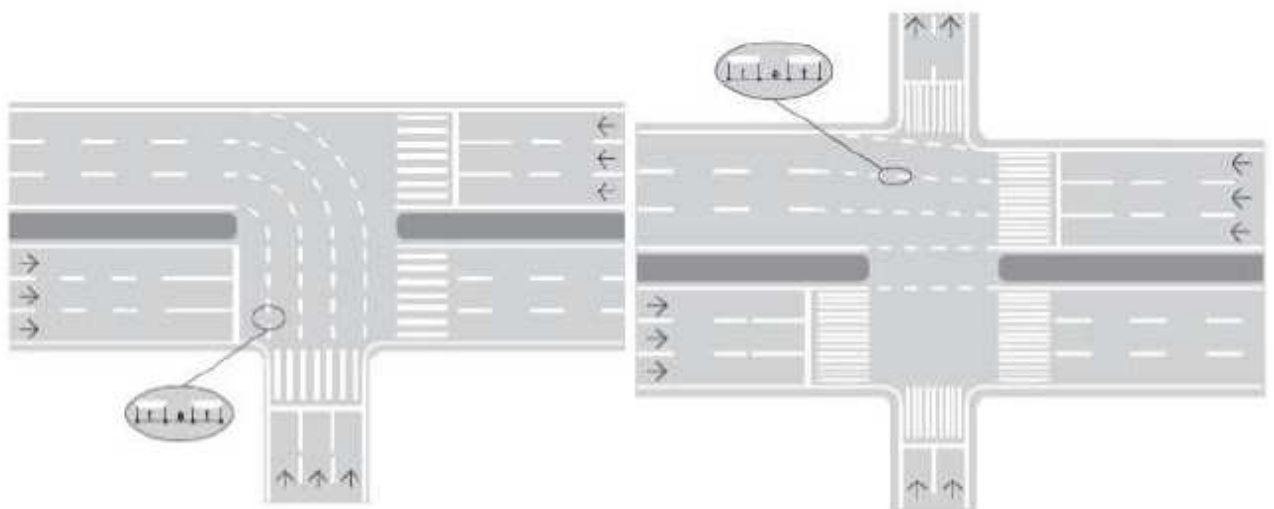


Fonte: CONTRAN – Volume IV- Sinalização Horizontal (2007)

- Linha de Continuidade (LCO);

A Figura 22 mostra exemplos de linhas de continuidade.

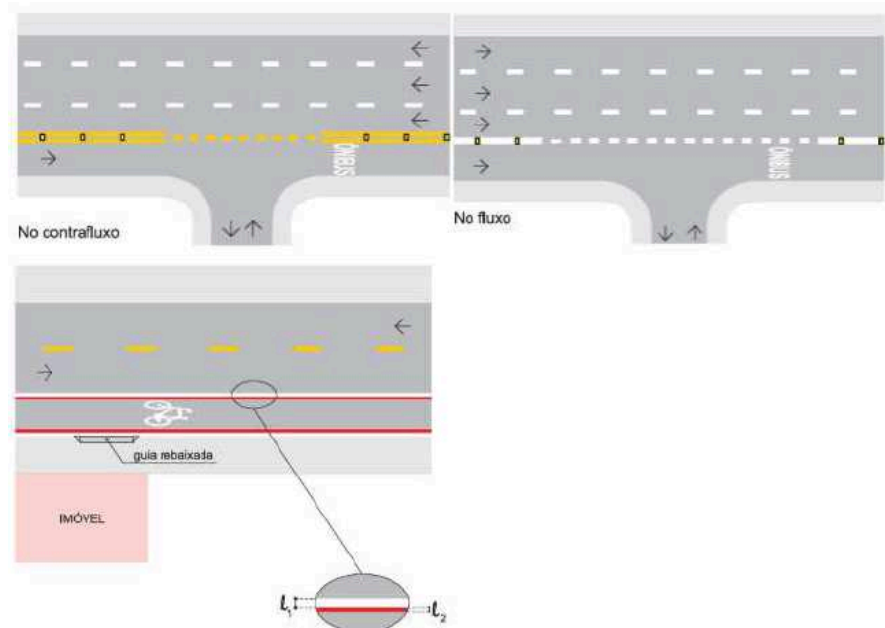
Figura 22 - Linha de Continuidade



Fonte: CONTRAN – Volume IV- Sinalização Horizontal (2007)

- Marcas Longitudinais específicas.

A Figura 23 mostra exemplo de marcas longitudinais específicas.

Figura 23 - Marcas Longitudinais Específicas

Fonte: CONTRAN – Volume IV- Sinalização Horizontal (2007)

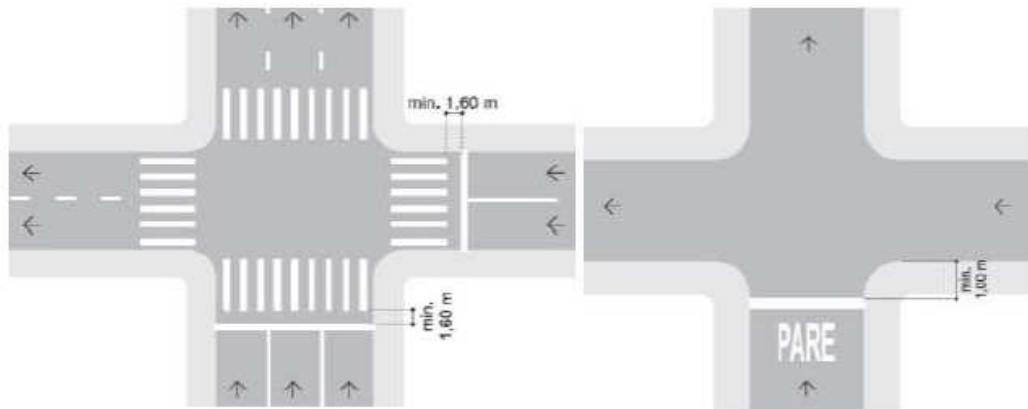
Já para as marcas transversais o CONTRAN (2007) determina que ordenem os deslocamentos frontais dos veículos e façam a interação motorista pedestres pois indicam as faixas de pedestres e posições de parada. São divididas em: (LRE, LRV, LDP, FTP).

- Linha de Retenção (LRE);

A linha de retenção é a marca transversal contínua, na cor branca, aplicada sobre a faixa de rolamento, com o objetivo de indicar ao condutor o local limite que deve parar o veículo. Deve ter largura variando de 40 centímetros, nas aproximações da via principal (portanto, situada em ramos ou pistas secundárias), a 60 centímetros, quando situada na própria via principal. Em situações de cruzamento de pista, elas se situam de forma paralela à via a ser cruzada, com afastamento mínimo de 1,0 m da borda daquela via. (BRASIL, 2010).

A Figura 24 mostra exemplo de linha de retenção.

Figura 24 - Linhas de Retenção

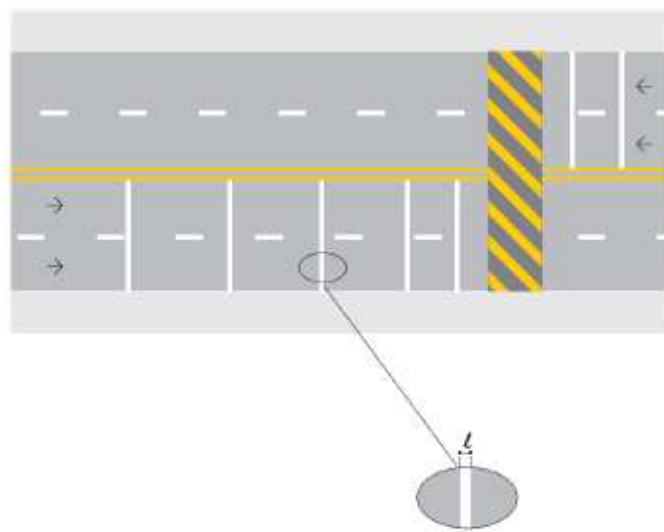


Fonte: CONTRAN – Volume IV- Sinalização Horizontal (2007)

- Linhas de Estímulo de Redução de Velocidade (LRV);

A Figura 25 mostra exemplo de linhas de estímulo de redução de velocidade.

Figura 25 - Linha de Estímulo de Redução de Velocidade

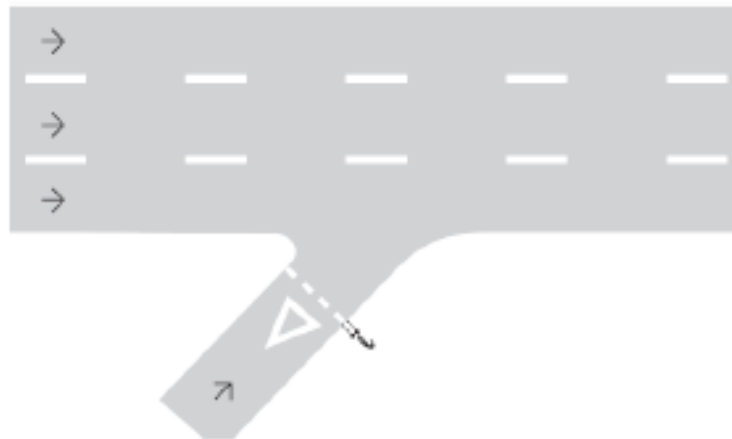


Fonte: CONTRAN – Volume IV- Sinalização Horizontal (2007)

- Linha de “Dê a Preferência” (LDP);

A Figura 26 mostra um exemplo de linha de dê a preferência.

Figura 26 - Linha de "Dê a Preferência"



Fonte: CONTRAN – Volume IV- Sinalização Horizontal (2007)

- Faixa de Travessia de Pedestres (FTP);

A faixa de Travessia de Pedestres é uma marcação transversal ao eixo da via que indica aos pedestres o local onde poderão atravessá-la com maior segurança e também adverte aos motoristas da existência desta faixa. (BRASIL, 2013). Esse também cita os princípios básicos para a locação de uma faixa de pedestres:

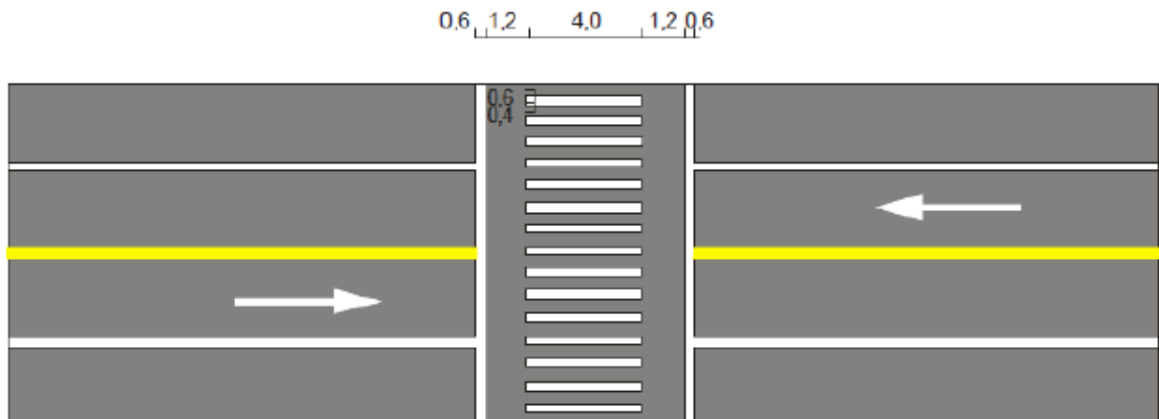
- Acatar ao máximo as trajetórias naturais dos fluxos de pedestres;
- Concentrar os fluxos de pedestres em locais que propiciem maior segurança na travessia;
- Orientar os pedestres quanto aos caminhos a serem percorridos.

A faixa de travessia de pedestre é sempre na cor branca e poderá ser indicada de duas formas:

- a) Faixa de travessia de pedestres do tipo Zebrada:

A faixa de pedestres tipo zebrada é composta por linhas paralelas entre si e o eixo da via, com largura e espaçamento de 0,4 m com comprimento de 4 m distando de 1,2 m da linha de retenção e se estendendo até o acostamento quando pavimentado (BRASIL, 2010), conforme Figura 27.

Figura 27 - Faixa de Travessia de Pedestres tipo Zebra



Fonte: BRASIL (2010)

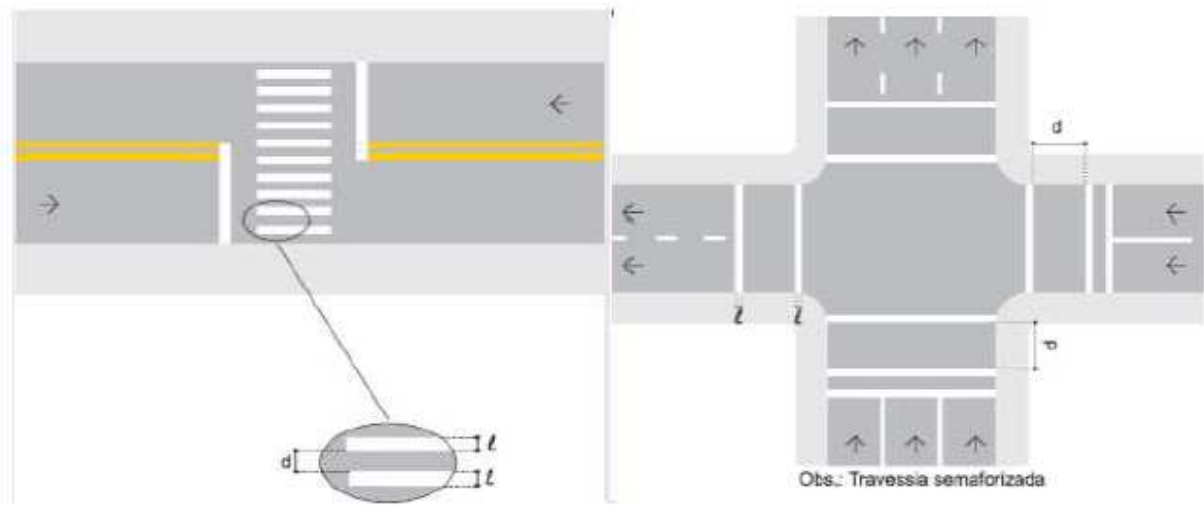
b) Faixa de travessia de pedestres do tipo linhas paralelas:

Este tipo de faixa é utilizada em locais com boa visibilidade e veículos circulando com velocidades baixas, assim como, recomenda-se que esse tipo de faixa seja utilizada em conjunto com sinais semafóricos para pedestres. Ela é composta de duas linhas paralelas contínuas, transversais ao eixo da via, com largura variando de 0,40 a 0,60 m, espaçadas de 3,0 a 4,0 m (BRASIL, 2013).

As linhas de faixa de pedestres não devem ser usadas indiscriminadamente, a fim de se evitar o seu descrédito por parte dos motoristas, e sim avaliada cuidadosamente a sua necessidade e melhor localização, sendo recomendáveis principalmente onde os pedestres não puderem, de outra forma, reconhecer o local apropriado da travessia. Somente nos casos em que esteja associada a um semáforo, poderá ter a forma paralela (BRASIL, 2010).

A Figura 28 mostra exemplos de faixa de travessia de pedestres.

Figura 28 - Faixa de Travessia de Pedestres



Fonte: CONTRAN – Volume IV- Sinalização Horizontal (2007)

- Marcação de Cruzamentos Rodociclovitários (MCC);

A Figura 29 mostra exemplos de marcação de cruzamento rodociclovitário.

Figura 29 - Marcação de Cruzamento Rodociclovitários

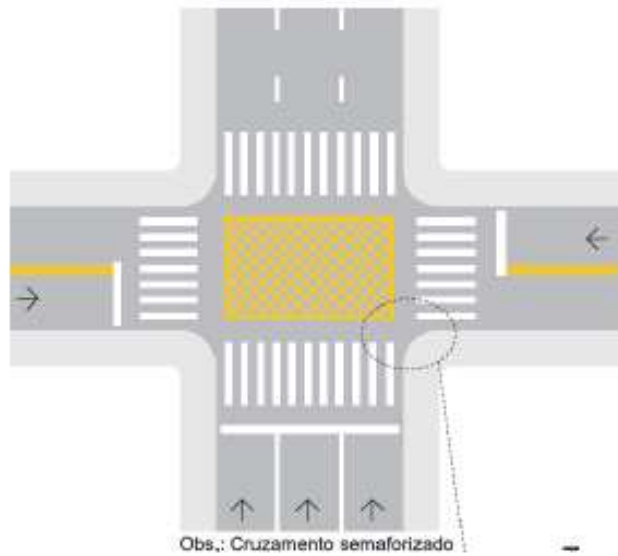


Fonte: CONTRAN – Volume IV- Sinalização Horizontal (2007)

- Marcação de Áreas de Conflito (MAC);

A Figura 30 mostra exemplo de marcação de áreas de conflito.

Figura 30 - Marcação de Áreas de Conflito

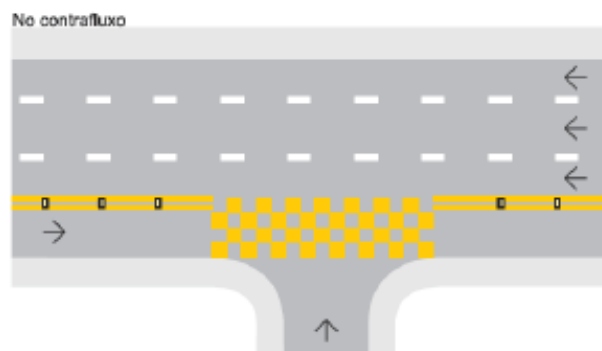


Fonte: CONTRAN – Volume IV- Sinalização Horizontal (2007)

- Marcação de Áreas de Cruzamento com Faixa Exclusiva (MAE);

A Figura 31 mostra a marcação de áreas de cruzamento com faixa exclusiva.

Figura 31 - Marcação de Áreas de cruzamento com Faixa Exclusiva

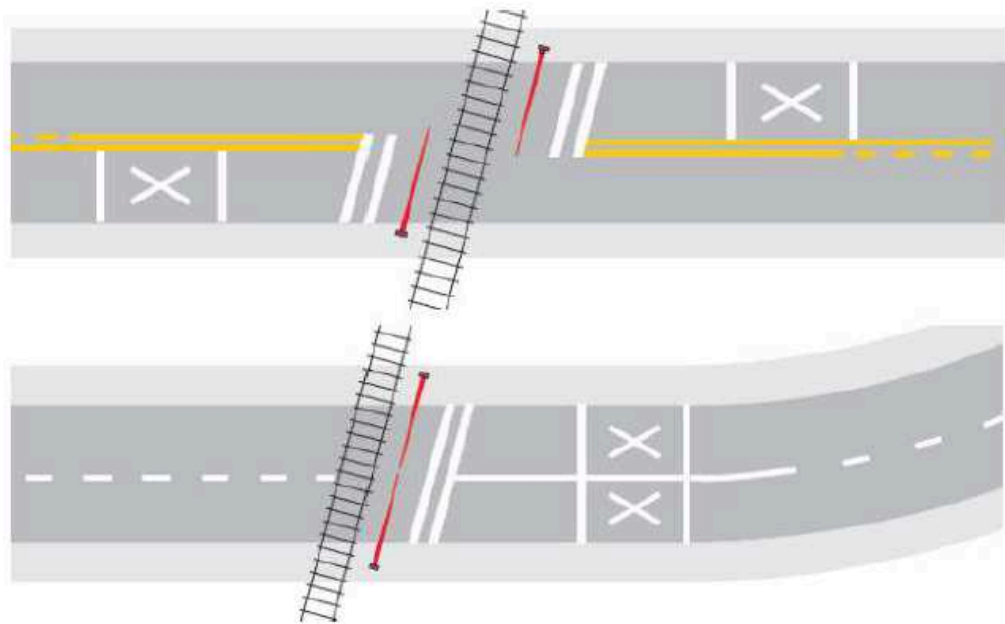


Fonte: CONTRAN – Volume IV- Sinalização Horizontal (2007)

- Marcação de Cruzamento Rodoferroviário (MCF).

A Figura 32 mostra exemplos de marcação de cruzamentos rodoferroviários.

Figura 32 - Marcação de Cruzamento Rodoferroviário



Fonte: CONTRAN – Volume IV- Sinalização Horizontal (2007)

2.8.3.1. Cores

A sinalização representada pela cor amarela tem função de separar movimentos opostos; regulamentar ultrapassagens e deslocamentos laterais; delimitar espaços proibidos para estacionamento e/ou parada e demarcar obstáculos à pista (lombada). A sinalização na cor vermelha tem o objetivo de demarcar ciclovias ou ciclofaixas e inscrever símbolo. Sinalização horizontal na cor azul indica áreas especiais de estacionamento ou de parada para embarque e desembarque para pessoas com necessidades especiais. A cor preta é usualmente usada para proporcionar maior contraste entre a inscrição e o pavimento, não constituindo uma cor para sinalização. A sinalização de cor branca serve para separar movimentos de veículos de mesmo sentido; delimitar trechos de pista, destinados ao estacionamento regulamentado de veículos em condições especiais; delimitar áreas de circulação; regulamentar faixas de travessias de pedestres; regulamentar linha de transposição e ultrapassagem; demarcar linha de retenção e linha de “Dê a preferência”; inscrever setas, símbolos e legendas. (BRASIL, 2010).

2.8.3.2. Dimensões

A largura das faixas longitudinais são definidas conforme função e características de operação da via. As tracejadas, são dimensionadas em função do tipo de linha e/ou em função da velocidade regulamentada para a via. Já as faixas transversais, largura e dimensionamento de símbolos e legendas são definidos de acordo com as características físicas da via, conforme Tabela 10 (CONTRAN, 2007).

Tabela 10 - Dimensões Mínimas das Linhas

Tipo da Rodovia	Largura da Linha(cm)
Classe I-B ou inferior	10
Classe I-A	15
Classe 0	20

Fonte: CONTRAN (2007)

Para o as linhas longitudinais possuem largura variável, em função da velocidade regulamentada na rodovia (BRASIL, 2010), conforme mostra a Tabela 11.

Tabela 11 – Largura das linhas longitudinais em função da velocidade

Velocidade – V (km/h)	Largura da Linha (cm)
$V < 80$	10
$V \geq 80$	15

Fonte: BRASIL (2010)

A espessura úmida de tinta a ser aplicada deve ser de 0,4mm ou 0,6mm, a ser obtida de uma só passada de máquina sobre o revestimento. (BRASIL, 1999).

2.8.3.3. Materiais

Na escolha do material mais apropriado para a pintura de sinalização horizontal deve-se considerar os seguintes aspectos: o caráter do serviço, se provisório ou permanente, o volume e a composição do tráfego, o tipo, o estado de conservação e a vida útil do pavimento. (BRASIL, 2010).

Os materiais que são mais empregados são as tintas, massas termoplásticas e películas pré-fabricadas. Para o DNIT (2010) para ser ter uma maior visibilidade noturna a sinalização horizontal deve ser sempre retrorrefletiva.

a) Tintas

Segundo Moreira e Menegon (2003), as tintas são composições líquidas pigmentadas que se convertem em uma película sólida, opaca e aderente ao substrato depois de sua aplicação e estabelecido a sua cura.

Para Moreira e Menegon (2003) as tintas são classificadas segundo o mecanismo de formação do filme:

Oxidação: pertence, a esse grupo as tintas que além da evaporação do solvente, reagem com o oxigênio, dando início ao processo de polimerização.

Evaporação do Solvente: tintas com produtos completamente polimerizados e que se solubilizam em solventes. Quando aplicadas sobre o substrato o solvente evapora deixando uma película sólida.

Coalescência: composição química formada por resinas, geralmente esféricas, ficam dispersas no solvente. Com a quebra da emulsão o solvente evapora e as partículas se aglomeram formando uma película coesa e plástica.

Reação química: as tintas com essa classificação são fornecidas em duas embalagens separadas, quando mistura esses componentes inicia-se uma reação química em que vai formando uma película.

- Características das tintas para sinalização horizontal

De acordo com Moreira e Menegon (2003), a composição das tintas é constituída basicamente de solventes, resinas (material ligante), pigmentos e aditivos. Ainda segundo os mesmos autores, convencionou-se chamar as tintas pelo nome da resina que a mesma possui. Para a sinalização horizontal, conforme a associação à resina componente, existem três os principais tipos de tinta utilizadas:

- Alquílicas (à base de solvente);
- Alquílicas com borracha clorada (à base de solvente);

- Acrílica: estirenada (à base de solvente) ou acrílica pura (à base de água).

As alquídicas que apresentam um teor de sólidos em torno de 45% por unidade de volume. Essas tintas possuem alto grau de oxidação (enrijecimento da película) causando a desagregação das esferas de vidros presentes e também perdendo sua ancoragem com o substrato, essas possuem resistência a abrasão regular, pois o filme desgasta-se rapidamente conforme o volume de tráfego.

De acordo com Moreira e Menegon (2003), são utilizadas as tintas alquídicas com borracha clorada e essa tem a finalidade de melhorar a durabilidade das tintas para demarcação, possuem um teor de sólidos de 48% do volume, considerado alto para o volume de tráfego, possuem uma resistência às intempéries considerada regular, mas ainda existe o problema de quando a película torna-se muito rígida e perde com muita facilidade as microesferas de vidro devido ao tráfego, ainda tem boa resistência à abrasão.

Segundo Moreira e Menegon (2003), as resinas acrílicas vêm sendo bastante utilizadas para pintura de demarcação viária pois apresentam ótima retenção de cor e ótima resistência às intempéries. No Brasil existem dois tipos de tintas com resinas acrílicas: as tintas à base de solventes e as emulsionadas.

As tintas acrílicas estirenadas apresentam 52% de sólidos por unidade de volume, resistência a intempéries considerada regular, apresentam um tempo de secagem de em torno de 20 minutos, estas apresentam uma tendência do amarelecimento da cor branca devido aos polímeros acrílicos e resistência a abrasão considerada boa, melhorando as performances da tinta. (LIBERALESSO, 2014).

As tintas acrílicas puras, que são encontradas emulsionadas, possuem características como um teor de aproximadamente 62% de sólidos por volume, um tempo de secagem relativamente bom, pois permite a liberação do tráfego em 10 minutos após pintura, resistência às intempéries considerada excelente pois os polímeros acrílicos não apresentam alteração de cor e também apresentam uma excelente resistência à abrasão o que significa que podem ter vida útil superior às demais tintas. (LIBERALESSO, 2014).

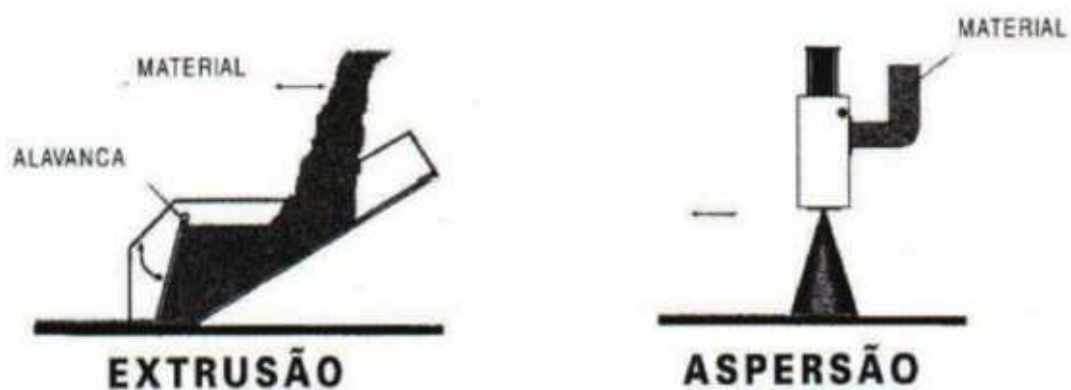
Para as tintas adquirirem boas condições de visibilidade noturna elas precisam ser retrorrefletiva, condição adquirida com adição de microesfera de vidro (LIBERALESSO, 2014).

b) Termoplásticos

Para Moreira e Menegon (2003) os termoplásticos correspondem a uma mistura, em proporção conveniente de ligante, partículas granulares, pigmentos e agente dispersor e esferas de vidro.

Os termoplásticos podem ser aplicados de duas maneiras, ou por extrusão ou por aspersão, conforme mostrado na Figura 33, o primeiro utiliza sapatas com ranhuras para aplicação do material com espessura de 3 mm, o segundo utiliza pistola pneumática para pulverizar o material na espessura de 1,5 mm (MOREIRA e MENEGON, 2003).

Figura 33 - Métodos de Aplicação dos Termoplásticos



Fonte: MOREIRA e MENEGON (2003)

Os termoplásticos são compostos de ligantes do tipo breu, maleica ou alquídic não secativa ou ainda os de hidrocarbonetos, os pigmentos utilizados são divididos em inertes (ou cargas) e ativos. Aditivos são óleos vegetais e/ou minerais e as esferas de vidro utilizadas são do “TIPO I-A”.

- Características dos termoplásticos

Termoplástico alquídic possuem boa estabilidade ao aquecimento e ótima resistência ao óleo diesel mas tendem a amarelar na cor branca quando expostos as intempéries.

Termoplásticos de hidrocarboneto apresentam alto custo devida a não fabricação local da resina, formulados com resina apresentam boa estabilidade ao aquecimento, ótima resistência às intempéries, mas possui baixa resistência ao óleo diesel.

c) Películas pré-fabricadas

São constituídas por ligantes, partículas sólidas, pigmentos e aditivos, fornecidos em espessuras definidas por ocasião da fabricação, cuja aplicação é feita a frio ou a quente.

Aplicação a quente: quando as películas necessitam ser aplicadas em altas temperaturas (180° a 200° C) para conseguirem adquirir boa aderência ao substrato.

Aplicação a frio: para as películas que utilizam adesivo como modo de fixação, aplica-se o adesivo na parte inferior da película de no pavimento, após a evaporação do solvente do adesivo, cola-se a película sobre o pavimento, pressionando-a.

A película pré-fabricada é composta por ligantes do tipo copolímero de estireno-butadieno, conhecido como borracha sintética, os pigmentos e aditivos utilizados são os mesmo utilizados nas tintas e nos termoplásticos, as microesferas de vidro são adicionadas no processo de fabricação.

- Características dos pré-fabricados

São conhecidas por possuírem alta durabilidade quando se trata de resistência à abrasão, e são indicados para locais com condições severas em que exijam frequência de reposição.

2.8.3.4. Microesferas de vidro

As microesferas de vidro são compostas por soda-cal-sílica tendo como matéria prima a sucata do vidro plano moído. A matéria prima é submetida a uma temperatura de aproximadamente 1200 °C em fornos verticais com corrente ascendente de gás aquecido, onde o vidro plano moído transforma-se em esferas de vidro. (SCHWAB, 1999).

Para Schwab (1999) há variáveis que condicionam a quantidade de luz retrorrefletiva ao condutor, são elas:

- Granulometria das esferas em relação à espessura do filme de tinta;
- Forma, tamanho e irregularidades da esfera;
- Número de esferas presentes e expostas aos raios de luz;
- Forma de aplicação: aspersão ou gravidade;

- Natureza do vidro e seus índices de refração;
- Tratamento superficial da esferas.

Ainda afirma que para obter a retrorreflexão adequada deve-se observar ainda a sua transparência, não geminadas se sem quebras.

- Tipos de microesferas

As microesferas são classificadas em três grupos, conforme sua granulometria:

- Tipo I: são caracterizadas pelo fato das esferas de vidro ter função retrorrefletiva depois do desgaste da camada de tinta ou termoplástico da superfície das microesferas. São do subtipo A ou subtipo B, no subtipo A são utilizadas nos termoplásticos, e são introduzidas no termoplástico no momento de sua fabricação, de modo a ficarem internas à camada recebendo o nome de “intermix”. A do subtipo B são utilizadas nas tintas, onde são incorporadas à tinta antes de sua aplicação recebendo o nome de “premix”.

- Tipo II: é aplicada ao ligante simultaneamente que o ligante é aplicado sobre o pavimento. Pode ser aplicados sobre a tinta ou termoplástico por projeção pneumática ou por gravidade, de modo que fiquem perfeitamente ancoradas. A este processo dá-se o nome de “drop on”. As microesferas dos tipo II subdividem-se em A, B, C, ou D, conforme granulometria. Para melhor escolher o subgrupo do tipo II deve-se considerar a espessura seca do filme de material a ser aplicado.

- Tipo III: apresenta diâmetro maior que as microesferas do tipo I e II, por isso é conhecido com esfera. São aplicadas por aspersão pneumática ou por gravidade, juntamente com a tinta ou com o termoplástico de modo a ficar na superfície da película.

A Tabela 12 mostra a granulometria das microesferas e esferas de vidro.

Tabela 12 - Granulometria das Microesferas e Esferas de Vidro

PENEIRAS (CONFORME ABNT-NBR 5734[niv])		% QUE PASSA						
Nº	ABERTURA mm	MICROESFERAS DE VIDRO				ESFERAS DE VIDRO		
		TIPO I		TIPO II		TIPO III		
		A	B	A	B	A	B	C
3	2,36							100
10	2,00						100	95-100
12	1,70					100	95-100	80-95
14	1,40					95-100	80-95	10-40
16	1,18					80-95	10-40	0-5
18	1,00					10-40	0-5	0-2
20	0,850	100		100		0-5	0-2	-
25	0,710	-		-		0-2		-
30	0,600	90-100		80-100	100	-		-
40	0,425	-		-	90-100	-		-
50	0,300	18-35	100	20-50	-	-		-
70	0,212	-	85-100	-	0-10	-		-
80	0,180	-	-	-	-	-		-
100	0,150	0-10	15-55	0-10	0-5	-		-
140	0,106	-	-	-	-	-		-
200	0,075	0-2	-	0-2	-	-		-
230	0,063	-	0-10	-	-	-		-

Fonte: BRASIL (2006)

2.8.3.5. Aspectos Normativos

A norma que estabelecem os métodos e critérios para a avaliação da retrorrefletividade horizontal viária é a NBR 14723/2013 com título: Sinalização horizontal viária – Avaliação da retrorrefletividade utilizando equipamento manual com geometria de 15 m.

- Termos e definições:

Coefficiente de luminância retrorrefletida (retrorrefletividade): quociente entre luminância (L) de uma superfície retrorrefletiva, na direção de observação, e a iluminância (E) recebida sobre um plano perpendicular à direção da luz incidente. A retrorreflexão caracteriza os elementos retrorrefletivos observados por meio de pequenos ângulos (caso da sinalização horizontal). Expresso em $\text{mcd.m}^{-2}\text{lx}^{-1}$

Estação de medição: qualquer superfície de demarcação horizontal, que compõe a amostragem representativa da demarcação instalada, cuja retrorrefletividade é foco de avaliação. A demarcação em avaliação é representada pelas faixas longitudinais, faixas transversais, símbolos e legendas.

Faixas longitudinais: faixas contínuas ou interrompidas que separam e ordenam as correntes de tráfego na via.

Faixas transversais: faixas que ordenam os deslocamentos frontais dos veículos e disciplinam os deslocamentos de pedestres, aplicadas em trechos específicos da via. São divididos em: linha de retenção; linhas de estímulo à redução de velocidade; linha de “dê a preferência”, faixa de travessia de pedestres; marcação de cruzamento rodociclovitários; marcação de áreas de conflito; marcação de área de cruzamento com faixa exclusiva; marcação de cruzamento rodoferroviário.

Setas, símbolos e legendas: informações representadas em forma de desenho inscritas no pavimento.

Retrorefletividade inicial: valor de retrorefletividade da demarcação avaliada até 15 dias após a aplicação na via.

Retrorefletividade residual: valor de qualquer retrorefletividade medida após a retrorefletividade inicial. A retrorefletividade residual está associada ao tempo em relação a retrorefletividade inicial.

Quanto ao equipamento:

Deve-se utilizar o retrorrefletômetro com ângulo de observação de 1,5° e ângulo de incidência 86,5°, geometria de 15 m. O equipamento deve ser calibrado conforme instruções do fabricante e equipado com dispositivo de vedação de luz solar. (ABNT, 2013, p. 2).

Quanto ao procedimento, a NBR 14723/2013 prevê:

O equipamento deve ser posicionado conforme sentido do fluxo de tráfego dos veículos, na superfície da demarcação a ser medida, livre de pedras, umidade ou resíduos capazes de comprometer a medição. Caso ocorra contaminação de luz solar nas leituras, ocasionando medidas discrepantes, deve-se buscar localização alternativa ou prover meios para bloqueá-la.

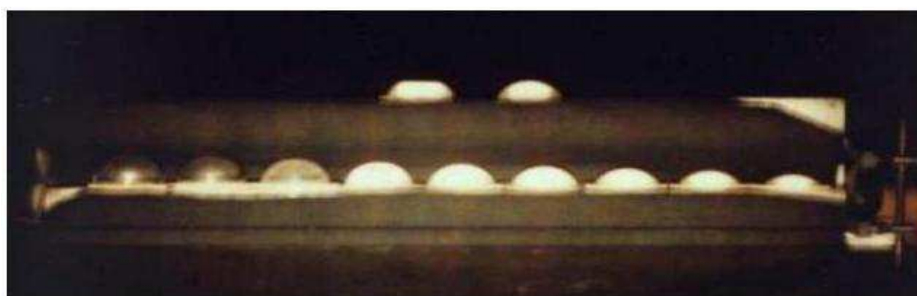
Nota = no caso de avaliação de aplicações especiais, a leitura pode ser feita em superfície com umidade após 1 min do fim do derramamento de água.

Em rodovias de mão dupla (dois sentidos do fluxo de tráfego), a medição deve ser feita posicionando-se o equipamento voltado para cada um dos sentidos do fluxo do tráfego. Para eixos duplos, a medição deve ser feita para cada uma das faixas. Os resultados devem ser apresentados para cada sentido de fluxo de tráfego. No caso de demarcação separadora de sentido de fluxo de tráfego com uma única faixa, deve ser adotada a menor média obtida. Os trechos das vias a serem avaliados devem ser sinalizados de acordo com as normas e padrões de sinalização e segurança viárias, de forma a manter a integridade da equipe de campo e dos usuários da via. (ABNT, 2013, p. 2).

- Ancoragem

Para Schwab (1999), o ideal de ancoragem das microesferas de vidro é de 60% do seu diâmetro. Fato este explicado de que a luz incidente, ao penetrar no material, em função das características ópticas das esferas, adquire a forma de um semicírculo luminoso, que tem seu topo em torno de 60% do diâmetro da esfera. Logo quanto mais próximo desse valor for a ancoragem das microesferas, maior será o valor da retrorrefletividade fornecido pela demarcação, conforme demonstrado na Figura 34.

Figura 34 - Ancoragem das Microesferas e Esferas de Vidro



Fonte: SCHWAB (1999)

2.9. RETRORREFLETIVIDADE

A retrorrefletividade é uma característica fundamental da sinalização horizontal e vertical devido a importância da visibilidade e da segurança dos usuários da via, é uma propriedade adquirida pela sinalização através da adição de películas com microesferas ou microprismas na sinalização vertical e com adição de microesferas de vidro na sinalização horizontal. (LIBERALESSO, 2014).

Durante o período da noite ocorrem mudanças no campo de visão do motorista, isso faz com que o comportamento do motorista neste período seja diferente do seu comportamento durante o dia. Segundo Lee e Donnell (2007), muitas vezes, durante a noite, o único meio de visibilidade do condutor são os faróis do veículo e as demarcações horizontais. Desta maneira, é imprescindível que o sistema de sinalização viária horizontal seja constituído de materiais capazes de guiarem o veículo com segurança através da via, sobretudo à noite.

De acordo com Austin e Schutz (2006), as demarcações e placas de sinalização viária são visíveis à noite pois as luzes dos faróis são refletidas de volta diretamente aos olhos do motorista. Este fenômeno tem o nome de retrorrefletividade. Ainda conforme os mesmos

autores, a capacidade retrorrefletiva das demarcações na sinalização horizontal é dada através das microesferas de vidro que são colocadas na pintura de forma a refletir a luz de volta para sua fonte. A Figura 35 expressa o comparativo entre a retrorrefletividade das faixas longitudinais existentes, nota-se que não existe retrorrefletividade na faixa da esquerda e a existência da retrorrefletividade na faixa longitudinal da direita.

Com o passar do tempo, o material retrorrefletivo empregado na sinalização tende a desprender-se da pintura de demarcação, fazendo despencar sua capacidade retrorrefletiva e com ela a segurança da via. Para a sinalização horizontal esse é o fator crítico na sua avaliação funcional.

Figura 35 - Comparativo entre Sinalização Não-retrorrefletiva e Sinalização Retrorrefletiva



Fonte: MOREIRA e MENEGON (2003).

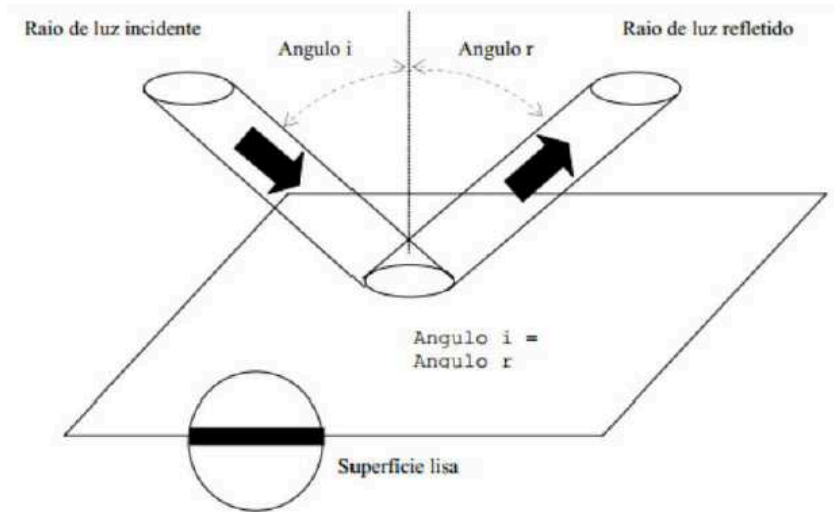
2.9.1. Reflexão

Reflexão é o fenômeno pelo qual os raios luminosos incidentes sobre uma superfície são capazes de ser redirecionados (GOLD, WRIGHT et. al 1998).

Conforme Gold, Wright et. al (1998), existe três tipos de reflexão: a especular, a difusa e a retrorreflexão. Na reflexão especular (espelho) o feixe de luz incidente sobre a superfície é redirecionada na direção oposta da fonte que a originou.

Para Schwab (1999), a reflexão especular é caracterizada por apresentar um ângulo de reflexão igual e em sentido contrário ao ângulo de incidência. Ocorre em superfícies conforme a Figura 36.

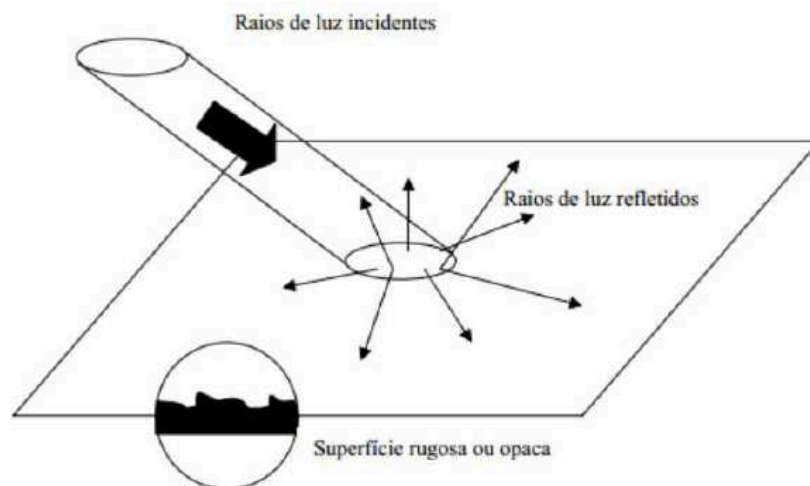
Figura 36- Reflexão Difusa



Fonte: FHWA (1994)

A reflexão difusa ocorre quando o feixe de luz incide sobre uma superfície e há dispersão dos raios luminosos em todas as direções, conforme Figura 37.

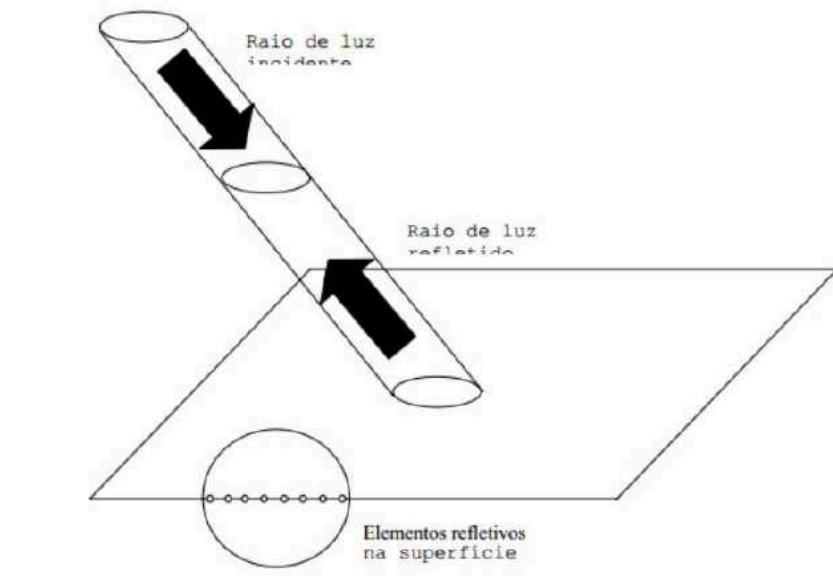
Figura 37 - Reflexão Especular



Fonte: FHWA (1994)

Retroreflexão ocorre quando os feixes luminosos incidentes sobre a superfície são redirecionados a sua fonte de origem, caso que ocorre com a sinalização rodoviária quando com a incidência de luz as torna visível e brilhante, conforme Figura 38.

Figura 38 - Retroreflexão



Fonte: FHWA (1994)

2.9.2. Avaliação da Retrorefletividade

É necessário um acompanhamento periódico da retrorefletividade da sinalização viária, pois é de fundamental importância para segurança viária. Dessa necessidade de monitoramento surgiu a necessidade de desenvolvimento de um equipamento que pudesse efetuar a leitura de maneira eficaz, isento de variáveis, e que também efetuasse comparativos de desempenho dos diferentes materiais utilizados. Segundo Schwab (1999), surgiu um aparelho que utiliza um sensor ótico para fazer a leitura de um feixe de luz retrorefletida, e processar suas características, o retrorefletômetro.

Para medir a retrorefletividade, Morreira e Menegon (2003), utilizam-se os seguintes coeficientes:

- a) (RL) luminância retrorefletida - quociente entre luminância e iluminância;
- b) (L) luminância - relação entre a intensidade luminosa e candelas;
- c) (cd) candelas - intensidade luminosa;
- d) (m²) fluxo em metros quadrados;
- e) (E) iluminância - quantidade de fluxo luminoso incidente em um elemento;
- f) Lux – área do elemento;

g) (mcd/m²) – milicandelas por metro quadrado, usada para quantificar pequenos valores de luminância.

A unidade de medida da retrorrefletividade é dada em mcd/m²/lux.

A Figura 39 mostra a diferença entre luminância e iluminância.

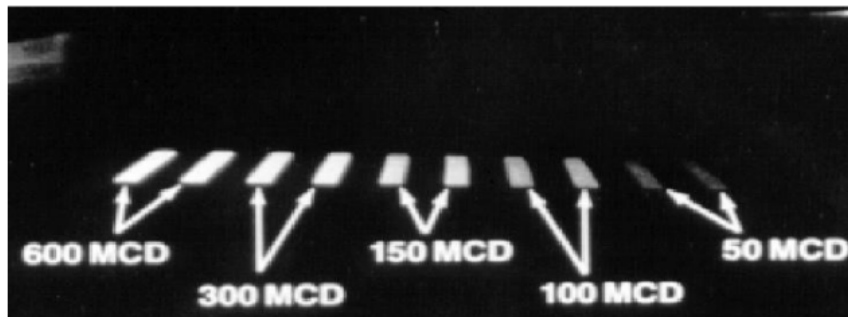
Figura 39 - Luminância e Iluminância



Fonte: MOREIRA e MENEGON (2003)

A Figura 40 mostra um comparativo entre leituras de retrorrefletividade.

Figura 40- Comparativo de Retrorrefletividade



Fonte: MOREIRA e MENEGON (2003)

2.9.3. Parâmetros Mínimos

2.9.3.1. Sinalização Vertical

Os parâmetros mínimos estipulados para sinalização vertical dá-se pela NBR 14644/2007 com título Sinalização vertical viária — Películas — Requisitos, conforme Tabela 13.

Tabela 13 - Retrorrefletividade Residual Mínima para Películas Retrorrefletivas

Tipo de Película	Retrorrefletividade residual mínima (cd/lux/m ² a 0,2° e -4°)									
	CORES PADRONIZADAS DE SINALIZAÇÃO									
	Branca	Amarela	Laranja	Verde	Vermelha	Azul	Marrom	Amarela lima-limão fluorescente	Amarela fluorescente	Laranja Fluorescente
Tipo IA	35	25	12	4	7	2	-	-	-	-
Tipo IB	70	50	30	15	15	5	2	-	-	-
Tipo II	200	136	80	36	36	16	9	-	-	-
Tipo III	288	216	116	40	52	24	14	232	176	84
Tipo VI	400	280	100	48	56	36	-	320	240	160
Tipo VII	560	420	212	56	84	33	16	384	300	160
Tipo VIII	560	376	224	96	96	44	-	-	-	-
Tipo IX	304	228	116	30	60	13	-	240	184	92
Tipo X	340	316	168	41	84	20	-	336	264	132

Fonte: NBR 14644/2007

2.9.3.2. Sinalização Horizontal

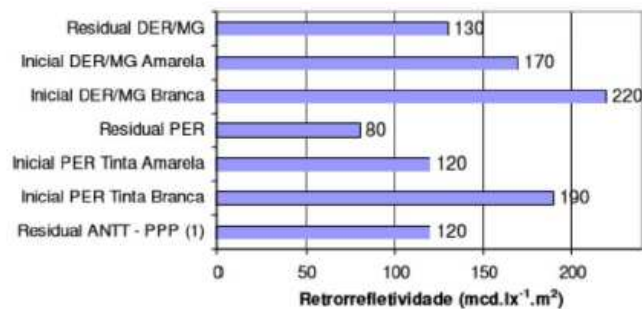
A norma dos Estados Unidos da América, a FHWA (2008) não apresenta valores mínimos mas apresenta recomendações, com base de estudos realizados em 1999 e divulgados em “workshops”, levando em conta aspectos como, velocidade máxima da via, evidenciada na Tabela 14.

Tabela 14 - Parâmetros Mínimos de Retrorrefletividade FHWA - Geometria de 30 m

Estudo	Velocidade (Km/h)	Retrorrefletividade Recomendada (mcd/m ² /lux)	
		Branco	Amarelo
FHWA (1999)	≥ 110	150	100
	80 - 100	100	65
	≤ 70	85	55
FHWA Workshops	≥ 100	100	80
	65 - 90	80	55

Fonte: FHWA (2008 apud Moraes, 2014)

Segundo Moraes (2014) cabe aos entes autárquicos federais e estaduais, responsáveis pela regulamentação e fiscalização de concessões rodoviárias, estipularem valores e critérios mínimos. Órgãos da administração pública, como CONTRAN, DENATRAN, DNIT, AGERGS, DAER etc. No Rio Grande do Sul, a AGERGS – Agência Estadual de Regulamentação dos Serviços Públicos Delegados do RS, a partir do ano de 2006 passou a divulgar Notas Técnica de seus próprios indicadores de medição, entre esses o IQS (Índice de Qualidade da Sinalização), mostrada na Figura 41.

Figura 41 - Níveis de Aceitação da Retrorrefletividade

Fonte: AGERGS (2006)

Para Moreira e Menegon (2003), “a retrorefletividade residual para pintura deverá ser de 80 mcd.m-2.lux-1. Abaixo deste valor a sinalização deverá ser refeita”.

Segundo Schwab (1999) cita que o ideal para a retrorefletividade residual deve ser de 130 mcd/m²/lux tanto para a cor branca como para a cor amarela.

Segundo as Especificações Técnicas do Programa BR-LEGAL do BRASIL (2013) retrorefletorização residual sob quaisquer circunstâncias de condições físicas ou operacionais da rodovia, independente do material especificado no projeto, deve ser de no mínimo 100 mcd.lx-1.m-2 para a cor branca.

Para Debailon e Carlson (2007) que concluíram em seu estudo que a retrorefletividade da sinalização horizontal deve levar em consideração a velocidade da via e apresenta a Tabela 15.

Tabela 15 - Parâmetro Mínimo de RL (mcd/m²/lux) geometria de 30 m

	Sem dispositivos auxiliares			Com dispositivos auxiliares
	≤ 90 km/h	100-120 km/h	≥ 125 km/h	
Linhas de Bordo Brancas	40	60	90	40
Linhas de Eixo Amarelas	90	250	570	50

Fonte: Debailon e Carlson (2007)

2.10. ILUMINAÇÃO

Para Costa (2006), por definição, a luz é composta por campos elétricos e campos magnéticos e não é necessário um meio físico para sua propagação. Assim como esse conceito,

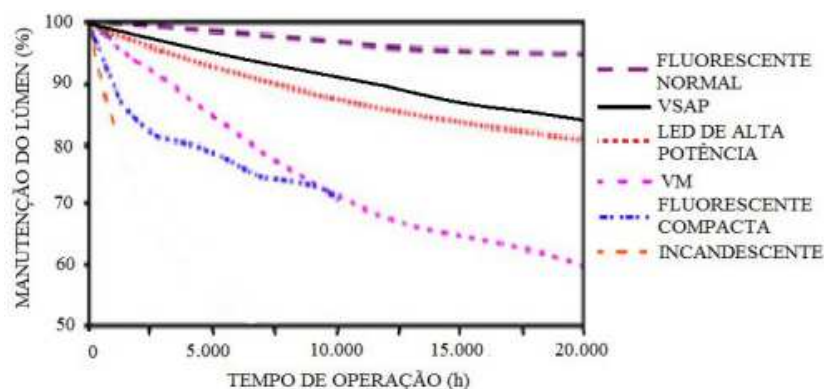
grandezas relacionadas à luminotécnica devem ficar claro, para facilitar o estudo, pois influem de forma significativa na conservação de energia e dimensionamento da luminária. Grandezas como eficácia luminosa, temperatura de cor, índice de reprodução de cores, intensidade luminosa, fluxo luminoso, iluminância e luminância.

2.10.1. Conceitos básicos referentes à iluminação

Segundo Tavares (2007), para realização de um projeto de iluminação eficiente, é fundamental a compreensão dos seguintes conceitos e grandezas:

1) Fluxo luminoso (ϕ): é a quantidade total de luz emitida por uma fonte. Este fluxo é medido em lúmens (lm). Durante a utilização das fontes luminosas ao longo da sua vida útil as lâmpadas sofrem redução do seu fluxo luminoso, esta depreciação é causada pela degradação de seus materiais construtivos. A Figura 42 mostra a depreciação do fluxo luminoso das lâmpadas em relação ao tempo de operação, pode-se observar que as lâmpadas LED e a vapor de sódio de alta pressão, alvo de comparação deste trabalho, mantêm o fluxo luminoso acima de 80% do valor inicial após 20.000 h de utilização. Quanto menor a depreciação do fluxo luminoso da lâmpada maior será sua vida útil em horas, reduzindo a manutenção do sistema de iluminação (SANTANA, 2010).

Figura 42 - Depreciação do fluxo luminoso das lâmpadas



Fonte: SALES (2011)




2) Intensidade luminosa (I): expressa em candelas (cd), é a intensidade do fluxo luminoso projetado em uma determinada direção (SANTANA, 2010).

3) Iluminância (E): é o fluxo luminoso que incide sobre uma superfície, situada a uma certa distância da fonte, por unidade de área. No SI a unidade de medida para iluminância é lumen/m² ou lux (lx) (SANTANA, 2010).

4) Luminância (L): medida em candelas por metro quadrado (cd/m²), é a intensidade luminosa produzida ou refletida por uma superfície aparente. A luminância pode ser considerada como a medida física do brilho de uma superfície iluminada ou de uma fonte de luz, sendo através dela que os seres humanos enxergam (TAVARES, 2007).

5) Temperatura de Cor Correlata (TCC): as fontes de luz podem emitir luz de aparência de cor entre “quente” e “fria”. As cores “quentes” possuem uma aparência avermelhada ou amarelada e as cores “frias” são azuladas (Figura 43). No entanto, as aparências “quente” e “fria” têm sentido inverso ao da TCC, pois quanto mais alta a TCC, mais fria é a sua aparência e quanto mais baixa a TCC, mais quente é a sua aparência. A temperatura de cor correlata é expressa em kelvin (K). A existência de diferentes temperaturas de cor permite um maior conforto visual, em consonância com o ambiente envolvente. Isto se traduz naturalmente em melhor qualidade de iluminação (SANTANA, 2010).

Figura 43 - Temperatura de cores

Temperatura de cor (K)	Aparência	
<3300	Quente (branco alaranjado)	
De 3300 a 5000	Intermediária (branco)	
>5000	Fria (branco azulado)	

Fonte: adaptado de Indal (2011)

Para a maioria dos pontos de Iluminação Pública - IP, a temperatura de cor das lâmpadas de descarga não é item importante; os logradouros públicos atualmente são

iluminados tendo em vista os custos com a manutenção e a economia de energia elétrica alcançada com a vida útil e a eficiência energética das 23 lâmpadas. A aparência da cor da luz destes locais, normalmente é de cor amarelada, referente às lâmpadas vapor de sódio de alta pressão com temperatura de cor compreendida na faixa de 1.900 a 2.800 K e IRC entre 20 a 25, perdendo com isso detalhes dos ambientes e até mesmo alterando a sua aparência de cor (SALES, 2011).

1) Fator ou índice de reflexão: é a relação entre o fluxo luminoso refletido e o incidente. Varia em função das cores e dos acabamentos das superfícies e das suas características de refletância. Por ser um índice não possui unidade de medida (SANTANA, 2010)

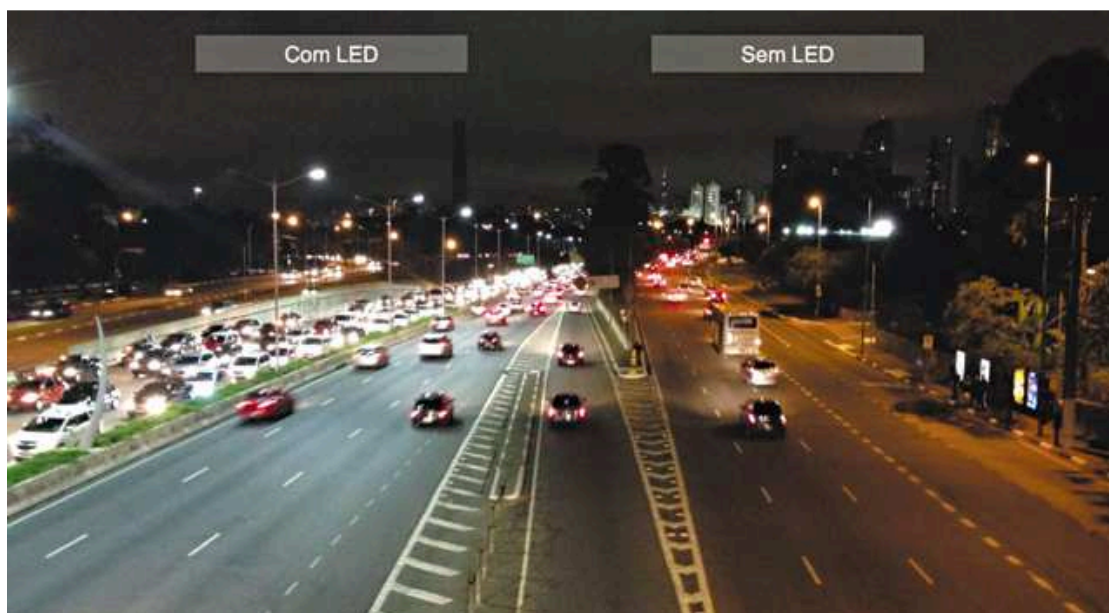
2) Índice de reprodução de cor (IRC): mede quanto à luz artificial se aproxima da natural do sol, sendo este fator preponderante na comparação de fontes de luz com a mesma TCC ou para a escolha da lâmpada. O índice é obtido calculando a curva espectral e definindo o IRC de cada produto em laboratórios dos fabricantes ou de órgãos especializados. Seus valores variam de 0 a 100, sendo que, quanto mais próximo de 100, melhor o IRC. Uma lâmpada com IRC de 60 a 70, por exemplo, é considerada boa e indicada para áreas de circulação, por exemplo. As lâmpadas com IRC acima de 80 são consideradas ótimas e principalmente destinadas a locais em que a distinção de cores é importante, como lojas, floriculturas, entre outros. As lâmpadas que apresentam melhores IRC são aquelas que possuem filamento, tanto incandescentes comuns como halógenas, justamente porque esses tipos de lâmpadas imitam em seu processo de funcionamento a luz do Sol, por incandescência. Alguns autores tomam como referência a medida da correspondência da cor de um objeto com o padrão de cor, como exemplo, a lâmpada incandescente, considerada 100, ou seja, quanto mais próximo de 100 melhor será o IRC e consequentemente maior os detalhes percebidos da cor refletida proporcionada pela a luz (SALES, 2011).

A obtenção de uma melhor qualidade de iluminação recorrendo à tecnologia LED é conseguida fundamentalmente à custa de dois fatores chaves: índice de Reprodução de Cores (IRC) elevado; vastas opções de temperaturas de cor disponíveis (SANTANA, 2010).

Um elevado nível de IRC equivale a uma melhor percepção das cores reais dos objetos, o que se traduz em melhor qualidade de iluminação e, consequentemente, em maior segurança e percepção de segurança. A Figura 44 ilustra claramente as diferenças existentes

entre um cenário de iluminação pública rodoviária, com base em tecnologia LED (IRC>70) à frente, e ao fundo outro mais tradicional, com base na tecnologia de vapor de sódio (VSAP) (IRC<25) de um trecho do alto de um dos viadutos da 23 de Maio, nas redondezas do Parque do Ibirapuera, ao lado da avenida Pedro Álvares Cabral (BLUESPAN, 2009).

Figura 44 - Diferenças de índice de reprodução de cor existentes entre um cenário de iluminação pública rodoviária com base em tecnologia LED e outro tradicional.



Fonte: VEJA SÃO PAULO (2014)

2.11. ILUMINAÇÃO PÚBLICA

A Iluminação Pública, encontra-se definida na Resolução da Agência Nacional de Energia Elétrica - ANEEL n.º 414/2010, como - o serviço que tem por objetivo prover de luz, no período noturno ou nos escurecimentos diurnos ocasionais, os logradouros públicos, inclusive aqueles que necessitem de iluminação permanente no período diurno. A resolução estabelece classes e subclasses para efeito de aplicação de tarifas. O inciso VI versa sobre a Iluminação Pública e define a abrangência do fornecimento de energia elétrica:

Fornecimento para iluminação de ruas, praças, avenidas, túneis, passagens subterrâneas, jardins, vias, estradas, passarelas, abrigos de usuários de transportes coletivos, e outros logradouros de domínio público, de uso comum e livre acesso, de responsabilidade de pessoa jurídica de direito público ou por esta delegada mediante concessão ou autorização, incluído o fornecimento destinado à iluminação de monumentos, fachadas, fontes

luminosas e obras de arte de valor histórico, cultural ou ambiental, localizadas em áreas públicas e definidas por meio de legislação específica, excluído o fornecimento de energia elétrica que tenha por objetivo qualquer forma de propaganda ou publicidade (ANEEL, 2010).

Também determina a celebração de contrato de fornecimento de energia elétrica para a iluminação pública com a inclusão de condições específicas a serem cumpridas:

Art. 25. Para o fornecimento destinado a Iluminação Pública deverá ser firmado contrato tendo por objeto ajustar as condições de prestação do serviço, o qual, além das cláusulas referidas no art. 23, deve também disciplinar as seguintes condições: I - propriedade das instalações; II - forma e condições para prestação dos serviços de operação e manutenção, conforme o caso; III - procedimentos para alteração de carga e atualização do cadastro; IV - procedimentos para revisão dos consumos de energia elétrica ativa vinculados à utilização de equipamentos automáticos de controle de carga; V - tarifas e impostos aplicáveis; VI - condições de faturamento, incluindo critérios para contemplar falhas no funcionamento do sistema; VII - condições de faturamento das perdas referidas no art. 61; VIII - condições e procedimentos para o uso de postes e da rede de distribuição; IX - datas de leitura dos medidores, quando houver, de apresentação e de vencimento das faturas, (ANEEL, 2010).

O consumo de energia elétrica da IP é calculado por estimativa, o valor apurado depende diretamente do cadastro de IP do município, cabendo a este e à concessionária zelar por mantê-lo sempre atualizado, conforme previsto no Inciso III do art. 25 sobredito. O art. 62 destaca-se que: Art. 62. Caso sejam instalados equipamentos automáticos de controle de carga, que reduzam o consumo de energia elétrica do sistema de iluminação pública, a concessionária deverá proceder a revisão da estimativa de consumo e considerar a redução proporcionada por tais equipamentos (ANEEL, 2010).

2.11.1. Normas Técnicas Aplicáveis

Um projeto de iluminação pública, deve seguir as indicações das normas e especificações da ABNT, da concessionária de energia elétrica e outras pertinentes ao assunto.

O projeto deverá obedecer particularmente às seguintes normas:

- 1) NBR 5101 – Iluminação Pública – Procedimento;
- 2) NBR 5410 – Instalações elétricas de baixa tensão.

Para situações omissas nas normas ABNT, estas deverão ser cobertas pela NEC (*National Electrical Code*) ou por normas e recomendações dos seguintes organismos internacionais:

- 1) IESNA – Illuminating Engineering Society of North America;
- 2) IEC – International Eletrotechnical Comission;
- 3) IES – Illuminating Engineering Society;
- 4) ANSI – American National Standards Institute.

Para o caso de prédios públicos, encontram-se em vigência, a Regulamentação para Etiquetagem Voluntária de Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos – INMETRO/PROCEL.

2.11.2. Normas de iluminação de vias, praças e parques públicos

Como referido anteriormente o sistema deverá ser instalado em ambientes externos. Desta forma, algumas normas técnicas devem ser analisadas. A Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), tem como norma brasileira reguladora a NBR 5101/2012 para iluminação pública. As normas estabelecem um padrão com condições mínimas necessárias para garantir a segurança, qualidade e desempenho (COPEL DISTRIBUIÇÃO, 2012).

Através desta, são fixados requisitos, considerados como o mínimo necessário, à iluminação de vias públicas, os quais são destinados a propiciar segurança aos tráfegos de pedestres e veículos. Atualizada em 2012, a NBR5151, contém modificações como critérios de luminância, adequação ao Código de Trânsito Brasileiro (definição de vias), iluminação do passeio–avaliação, compatibilidade com a arborização e índices mínimos atualizados (NBR 5101, 2012).

Com base nas normas para a iluminação pública, atualmente as distribuidoras utilizam lâmpadas de vapor de sódio em alta pressão para instalações novas, manutenção e substituição a sistemas pouco eficientes com lâmpadas incandescentes. O segundo modelo com maior aplicação utilizado é a vapor de mercúrio em alta pressão, utilizada principalmente na manutenção de sistemas de iluminação pública mais antigos e locais que a substituição por sódio causa uma grande discrepância. Por ser lâmpadas com menor preço, também costumam ser aplicadas em áreas de lazer, como parques e praças, pois existe a cultura de classificá-los

como locais com baixa prioridade de qualidade em iluminação (COPEL DISTRIBUIÇÃO, 2012).

O LED, destaca-se pela sua excelente durabilidade, flexibilidade quanto à temperatura de cor e níveis satisfatórios de reprodução de cor e eficiência luminosa. Desta forma, ao desenvolver um protótipo de luminária com uma tecnologia diferente da utilizada, é necessário um breve comparativo. (SANTANA, 2010). A Tabela 16, apresenta dados dos três modelos citados.

Tabela 16 – Comparativo entre tecnologias aplicadas à IP

Tecnologia	Temperatura de Cor (K)	IRC (%)	Eficiência Luminosa (lm/W)	Vida mediana (horas)
Vapor de mercúrio	3000 - 4000	40 - 55	45 - 60	9000 - 15000
Vapor de sódio	2000	22	80 - 150	18000 - 30000
LED	2500 - 7000	80 - 90	75 - 100	50000

Fonte: MANUAL DE ILUMINAÇÃO PÚBLICA, COPEL DISTRIBUIÇÃO, 2012

Estes espaços, possuem maior movimentação de veículos ou pedestres. Desta forma os índices que a luminária do sistema deve apresentar, estabelecidos pela NBR 5101, é um fluxo luminoso por unidade de área, entre 20 e 30 Lux, e dependerá da intensidade do volume de tráfego, ou seja 20 Lux para pouco tráfego e 30 Lux para regiões mais movimentadas. Por certo, lugares como cruzamentos, vias rápidas, faixas de pedestres e de modo geral os que requerem melhor visualização devem ter o fluxo mínimo de 30 Lux (COPEL DISTRIBUIÇÃO, 2012).

2.12. PROJETO DO SISTEMA DE ILUMINAÇÃO PÚBLICA

2.12.1. CLASSIFICAÇÃO DAS VIAS

Segundo o Manual de Iluminação Pública de Copel Distribuição (2012), o ponto de partida do projeto de um sistema de iluminação pública é a classificação da via que se pretende iluminar. Conforme o Código de Trânsito Brasileiro (1997), as vias podem ser classificadas da seguinte forma:

a) vias urbanas: caracterizadas pela existência de construções às suas margens, com presença de tráfego motorizado e de pedestres em maior ou menor escala. Ruas, avenidas, vielas ou caminhos e similares abertos à circulação pública, situados na área urbana, caracterizados principalmente por possuírem imóveis edificadas ao longo de sua extensão.

I. via de trânsito rápido;

Avenidas e ruas asfaltadas, exclusivas para tráfego motorizado, onde não há predominância de construções. Baixo trânsito de pedestres e alto trânsito de veículos. Aquela caracterizada por acessos especiais com trânsito livre, sem interseções em nível, sem acessibilidade direta aos lotes lindeiros e em travessia de pedestres em nível, com velocidade máxima de 80 km/h.

II. via arterial;

Via exclusiva para tráfego motorizado, que se caracteriza por grande volume e pouco acesso de tráfego, várias pistas, cruzamentos em dois planos, escoamento contínuo, elevada velocidade de operação e estacionamento proibido na pista. Geralmente, não existe o ofuscamento pelo tráfego oposto nem construções ao longo da via. O sistema arterial serve mais especificamente a grandes geradores de tráfego e viagens de longas distâncias, mas, ocasionalmente, pode servir de tráfego local. Aquela caracterizada por interseções em nível, geralmente controlada por semáforo, com acessibilidade aos lotes lindeiros e às vias secundárias e locais, possibilitando o trânsito entre as regiões da cidade, com velocidade máxima de 60 km/h.

III. via coletora;

Via exclusivamente para tráfego motorizado, que se caracteriza por um volume de tráfego inferior e por um acesso de tráfego superior àqueles das vias arteriais. Aquela destinada a coletar e distribuir o trânsito que tenha necessidade de entrar ou sair das vias de trânsito rápido ou arteriais, possibilitando o trânsito dentro das regiões da cidade, com velocidade máxima de 40 km/h.

IV. via local;

Via que permite acesso às edificações e a outras vias urbanas, com grande acesso e pequeno volume de tráfego. Aquela caracterizada por interseções em nível não semaforizadas, destinada apenas ao acesso local ou a áreas restritas, com velocidade máxima de 30 km/h.

b) vias rurais: mais conhecidas como estradas de rodagem, que nem sempre apresenta, exclusivamente, tráfego motorizado.

I. rodovias;

Via para tráfego motorizado, pavimentada, com ou sem acostamento, com tráfego de pedestres. Este tipo de via pode ter trechos classificados como urbanos com as seguintes velocidades máximas: 110km/h para automóveis, camionetas e motocicletas; 90km/h para ônibus e micro-ônibus; 80km/h para os demais veículos.

II. estradas.

Vias para tráfego motorizado, com ou sem acostamento, com tráfego de pedestres. Este tipo de via pode ter trechos classificados como urbanos. Trata-se de via rural não pavimentada, com velocidade máxima de 60 km/h. Vias de áreas de pedestres são vias ou conjunto de vias destinadas à circulação prioritária de pedestres.

2.12.2. CARACTERÍSTICAS LUMINOTÉCNICAS

Classificada a via, deve-se consultar a NBR 5101 (1992) para verificar os níveis de iluminância e os fatores de uniformidades mínimos para cada situação. O tipo do tráfego também deve ser levado em consideração, sendo classificados como: sem, leve, médio ou intenso tanto para pedestres quanto para veículos. Na Tabela 17 são apresentadas as características de cada tipo de tráfego (COPEL DISTRIBUIÇÃO, 2012).

Tabela 17 – Tipo de tráfego motorizado e de pedestres

Classificação	Tipo de tráfego	
	Motorizado*	Pedestres
Sem	Até 500	Ocupação em ruas arteriais, exclusivas para o tráfego motorizado
Leve	501 a 1200	Ocupação em ruas residenciais médias
Médio	> 1200	Ocupação em ruas comerciais secundárias
Intenso	---	Ocupação em ruas comerciais principais

*Volume de tráfego noturno de veículos por hora, em ambos sentidos, em pista única.

Fonte: adaptado da NBR 5101:1992

Feita a classificação da via e determinado o tipo de tráfego, faz-se necessário definir os parâmetros fotométricos adequados para atender a necessidade do local. Na NBR 5101 (1992) são estipulados valores mínimos para a iluminância E_{\min} e o fator de uniformidade U_{\min} , em função do tipo da via. Estes limites estão resumidos e apresentados na Tabela 18. (COPEL DISTRIBUIÇÃO, 2012).

Tabela 18 – Limites fotométricos para vias de tráfego motorizado e de pedestres

Descrição da via	Volume de tráfego	E_{\min} (lux)	U_{\min}
Vias de trânsito rápido; vias de alta velocidade de tráfego, com separação de pistas, sem cruzamentos em nível e com controle de acesso; vias de trânsito rápido em geral; auto-estradas	Intenso	30	0,4
	Médio	20	0,3
Vias arteriais; vias de alta velocidade de tráfego com separação de pistas; vias de mão dupla, com cruzamentos e travessias de pedestres eventuais em pontos bem definidos; vias rurais de mão dupla com separação por canteiro ou obstáculo	Intenso	30	0,4
	Médio	20	0,3
Vias coletoras; vias de tráfego importante; vias radiais e urbanas de interligação entre bairros, com tráfego de pedestres elevado	Intenso	20	0,3
	Médio	15	0,2
	Leve	10	0,2
Vias locais; vias de conexão menos importante; vias de acesso residencial	Médio	10	0,2
	Leve	5	0,2
Vias de uso noturno intenso por pedestres (por exemplo, calçadas, passeios de zonas comerciais)		20	0,3
Vias de grande tráfego noturno de pedestres (por exemplo, passeios de avenidas, praças, áreas de lazer)		10	0,25
Vias de uso noturno moderado por pedestres (por exemplo, passeios, acostamentos)		5	0,2
Vias de pouco uso por pedestres (por exemplo, passeios de bairros residenciais)		3	0,2

Fonte: adaptado da NBR 5101:1992

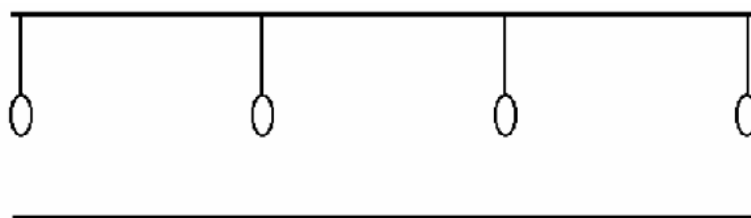
2.12.3. TOPOLOGIAS DE ILUMINAÇÃO VIÁRIA

Definidos os níveis luminotécnicos, devem-se especificar os materiais a serem utilizados e a topologia de distribuição dos pontos de iluminação, de maneira a atingir os valores mínimos exigidos para cada situação sem perder de vista os custos envolvidos e principalmente diversidade construtiva do local, como por exemplo as estruturas das redes elétricas existentes, postes, prédios, marquises, arborização ou quaisquer componentes que possam interferir na montagem do sistema de iluminação (COPEL DISTRIBUIÇÃO, 2012).

Na sequência são apresentados os arranjos comumente encontrados na montagem de pontos de iluminação em vias. Outras configurações podem ser obtidas com o auxílio de programas específicos para cálculos luminotécnicos, ou a aplicação direta de métodos disponíveis nas literaturas, como por exemplo: método das curvas isolux, método ponto-por-ponto, método do fator de utilização ou do fluxo luminoso, método das iluminâncias. Entretanto, como em vários casos as estruturas das redes elétricas já existem, estas são aproveitadas para montagem dos componentes (COPEL DISTRIBUIÇÃO, 2012).

O arranjo unilateral das luminárias, apresentado na Figura 45, é o mais comumente utilizado, atendendo geralmente a vias coletoras e locais, com largura máxima da pista de rolamento igual ou menor que 9m, com tráfego motorizado leve ou médio (COPEL DISTRIBUIÇÃO, 2012).

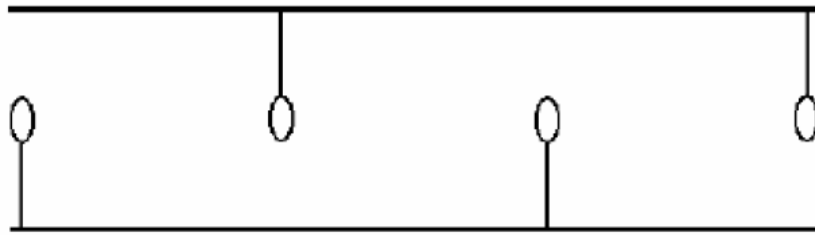
Figura 45 – Arranjo unilateral das luminárias



Fonte: CPFL (2006)

Na Figura 46 é apresentado o arranjo bilateral alternado das luminárias. Este sistema é utilizado geralmente em vias com tráfego motorizado intenso e largura de pista de rolamento de até 16m (COPEL DISTRIBUIÇÃO, 2012).

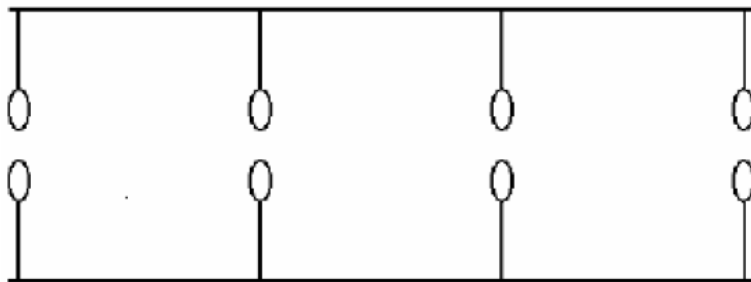
Figura 46 – Arranjo bilateral alternado das luminárias



Fonte: CPFL (2006)

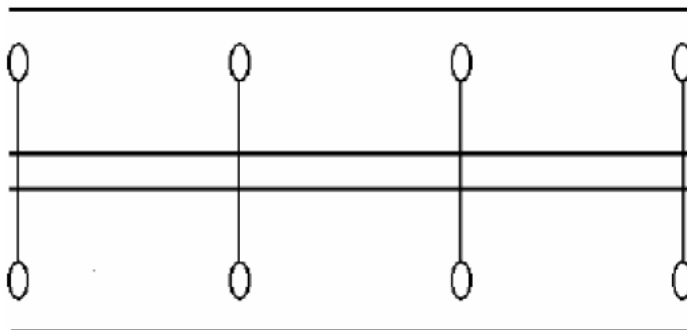
Para vias com tráfego motorizado intenso e largura de pista de rolamento de até 18m, pode-se empregar o arranjo bilateral oposto, alternativa apresentada na Figura 47. E por fim na Figura 48 é apresentada uma opção para vias em que há um canteiro central (COPEL DISTRIBUIÇÃO, 2012).

Figura 47 – Arranjo bilateral oposto das luminárias



Fonte: CPFL (2006)

Figura 48 – Arranjo empregado em vias com canteiro central



Fonte: CPFL (2006)

Além da topologia empregada na configuração do sistema de iluminação, o fluxo luminoso da fonte luminosa e a distribuição fotométrica da luminária são as variáveis

restantes e necessárias para concluir o projeto luminotécnico com o intuito de verificar se os níveis de iluminância e fator de uniformidade definidos pelo critério estabelecido na NBR 5101 (1992) foram atendidos. Estas variáveis serão tratadas na seção em que serão discutidas as tecnologias disponíveis para os sistemas de iluminação pública (COPEL DISTRIBUIÇÃO, 2012).

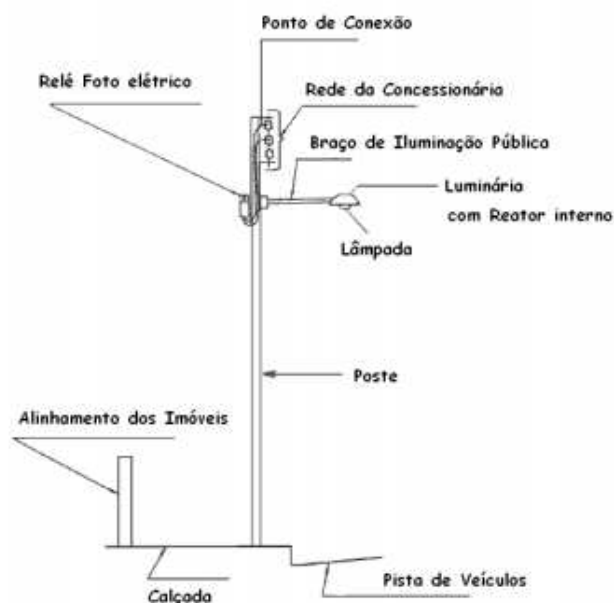
Para o projeto de iluminação de espaços públicos com predominância de pedestres, tais como praças, parques, calçadas, não é possível indicar um critério genérico que atenda a todas as situações. Para tanto, cada caso deve ser analisado individualmente. O sistema de iluminação deverá ser projetado com base nas características específicas do espaço público, como por exemplo, a arquitetura local, diferenças de níveis, necessidade de iluminação decorativa para itens como monumentos, jardins, quadras e tipo de uso do local, seja lazer ou comercial (COPEL DISTRIBUIÇÃO, 2012).

2.12.4. CONFIGURAÇÃO E EQUIPAMENTOS QUE COMPÕEM O SISTEMA

No Brasil, a partir da rede da concessionária de energia elétrica, existem duas configurações para os sistemas de IP: o que alimenta a rede de IP em baixa tensão e o que alimenta a rede em média tensão. Quando utilizada a alimentação em média tensão, o sistema pertence ao município desde o ponto de entrega de energia, exigindo, portanto uma rede secundária exclusiva para a IP. Quando utilizada a alimentação em baixa tensão, o sistema pertence ao município desde o ponto de entrega de energia a partir do ponto de conexão do braço da luminária com a rede de energia elétrica ou no bulbo da lâmpada (SANTANA, 2010).

A figura 49 apresenta a configuração mais utilizada no Brasil, ou seja, da rede em baixa tensão, alimentada a partir da rede secundária da concessionária:

Figura 49 – Configuração da Rede de Baixa Tensão



Fonte: SANTANA, 2010

A seguir são descritos os principais componentes da rede de Iluminação Pública (LOPES, 2002):

a) Rede de Distribuição da Concessionária: A rede de distribuição de energia elétrica pertence à concessionária de energia elétrica e tem a função de transportar a energia elétrica para as diferentes regiões da cidade. Opera na maioria das redes existentes, em sistema trifásico com tensões: na rede primária de 13,2 kV (kilo Volts), e na rede secundária em 220/127 V (Volts).

b) Braço: Os braços para iluminação pública são equipamentos metálicos e têm por funções básicas servirem de sustentação para as luminárias e de eletroduto para a fiação necessária para a conexão do ponto de iluminação à rede elétrica. Trata-se do sistema de fixação da luminária ao poste. O conjunto (Braço e Luminária) deve ser dimensionado para que, além da carga normal a que está submetido, devem ser suficientemente resistentes mecanicamente para suportar o peso das luminárias e também os esforços provocados pelas mesmas sob ação de ventos ou chuvas, além de serem fabricados em materiais com proteção contra corrosão.

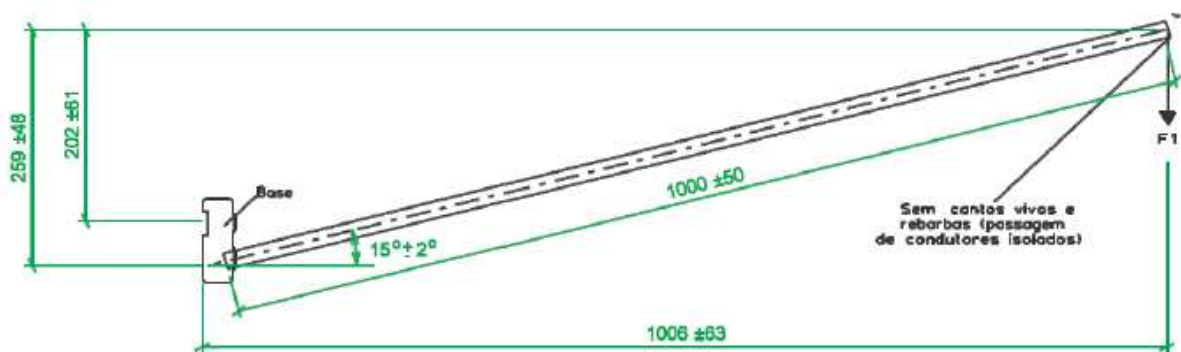
Atualmente não há normas nacionais específicas para os braços de iluminação pública. No entanto, existem várias normas relativas aos produtos de ferro ou aço fundido, que são aplicáveis a estes equipamentos. Provavelmente na próxima versão da NBR

8159:1984 – Ferragens Eletrotécnicas para Redes Aéreas, Urbanas e Rurais de Distribuição de Energia – serão padronizados alguns modelos de braços.

Existem infinitas possibilidades de construção de braços para iluminação pública, dependendo da necessidade. No entanto, para a maioria dos casos utiliza-se basicamente os três tipos apresentados a seguir, especificados na NTC 810044:

- Tipo BR-1: Aplicáveis para a instalação de luminárias do tipo LM-1R e LM-70, com lâmpadas de sódio até 70W, mostrado na Figura 50.

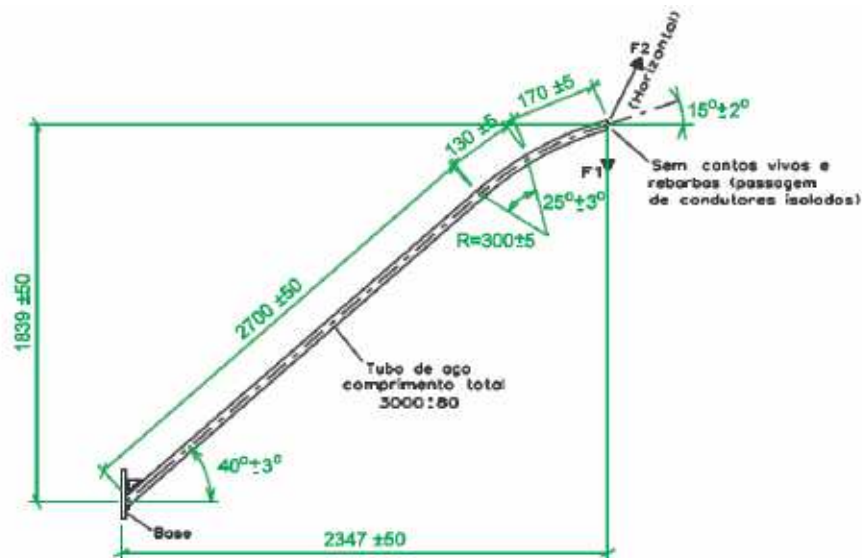
Figura 50 – Braço padrão COPEL tipo BR-1



Fonte: COPEL (2012)

- Tipo BR-2: Aplicáveis para a instalação de luminárias do tipo LM-100, LM-150, LM-250 e LM-3, com lâmpada a vapor de sódio de até 250W, mostrado na Figura 51.

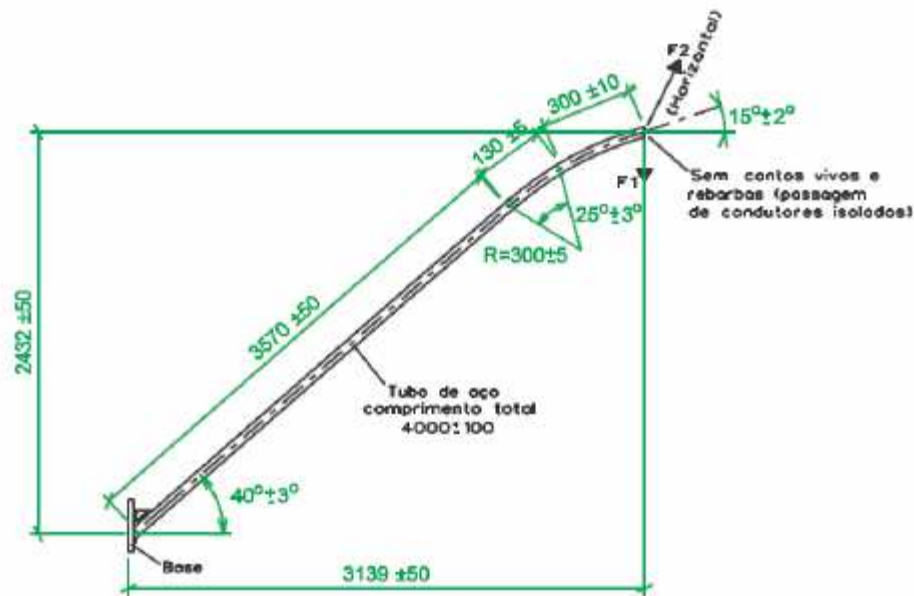
Figura 51 – Braço padrão COPEL tipo BR-2



Fonte: COPEL (2012)

- Tipo BR-3: Aplicáveis para a instalação de luminárias do tipo LM-400 e LM-8, com lâmpada a vapor de sódio de 400W, mostrado na Figura 52.

Figura 52 – Braço padrão COPEL tipo BR-3



Fonte: COPEL (2012)

c) Relé Foto Elétrico: O relé fotoelétrico monitora a luminosidade do local e faz o acionamento da IP. Pelas características de operação existem dois tipos chamados de NA (normalmente abertos) e NF (normalmente fechados). O relé NF mantém os contatos fechados na ausência de luz enquanto que, o NA, mantém os contatos abertos. (SANTANA, 2010)

Os relés fotoelétricos podem ter princípios de funcionamento denominados térmicos, magnéticos e eletrônicos. O acionamento por princípio térmico se dá através da deformação de lâminas bimetálicas, devido à passagem de uma corrente elétrica, que só ocorre quando o nível de iluminância atinge valor suficiente para sensibilizar o sensor fotoelétrico. No relé magnético é utilizada uma chave eletromecânica, que alterna a posição de seus pólos através da força gerada por um campo magnético induzido por uma corrente elétrica fluindo em sua bobina; esta corrente também é originada pela sensibilização da célula fotoelétrica. Relés com acionamento eletrônico também utilizam chaves eletromecânicas, porém a corrente de acionamento das chaves provém de circuitos eletrônicos que, a partir das alterações da fotocélula, podem ser projetados de maneira a prover temporizações, proteções de sobrecorrentes e sobretensões ou estresses na própria chave, conferindo maior durabilidade ao equipamento. Devido ao baixo custo de fabricação e razoável durabilidade, os relés com

acionamentos magnéticos e eletrônicos são os mais utilizados atualmente nos sistemas de iluminação pública, tanto para comandos individuais quanto para comandos em grupo de circuitos. Na Figura 53 são mostrados alguns exemplos de relés fotoelétricos. A norma nacional vigente para estes equipamentos é a NBR 5123:1998 - Relé fotelétrico e tomada para iluminação - Especificação e método de ensaio (COPEL DISTRIBUIÇÃO, 2012).

Figura 53 – Exemplos de modelos de relés fotoelétricos



Fonte: COPEL (2012)

d) Reator: As lâmpadas à descarga têm a característica de ter a sua impedância reduzida com a elevação da corrente, exigindo a instalação de um limitador desta corrente no circuito, pois, caso contrário, ela se elevaria até a destruição da lâmpada. Este papel é desempenhado pelo reator que, além disso, mantém a lâmpada operando dentro dos limites adequados estabelecidos. Ele pode ser instalado internamente, como ilustrado na Figura 54, ou em um compartimento da luminária ou externo próximo ao relé, conforme a Figura 55. A norma nacional vigente para estes equipamentos é a NBR 13593:2011 - Reator e ignitor para lâmpada a vapor de sódio a alta pressão — Especificação e ensaios.

Figura 54 – Reator interno



Fonte: COPEL (2012)

Figura 55 – Modelo de reator externo para lâmpada a vapor de mercúrio de 250W, com tomada para relé fotoelétrico



Fonte: COPEL (2012)

e) Luminária: A luminária exerce 3 funções que são: 1 - prover meios para instalação da própria luminária e dos componentes elétricos; 2 - manter as condições ambientais adequadas para operação dos componentes e 3 - distribuir o fluxo luminoso proveniente da lâmpada. Uma luminária pública possui: um conjunto ótico composto de um refletor, um difusor e um dispositivo para fixação do soquete e posicionamento da lâmpada; o alojamento do equipamento (reator), quando previsto a instalação interna deste; um sistema de fixação da luminária no poste ou suporte e; um invólucro, destinado a dar o grau de proteção exigido.

Na Figura 56 é apresentada uma luminária antiga e inadequada, utilizada em iluminação pública, nesta situação é possível observar que a fonte luminosa está exposta a intempéries e outros agentes como vandalismo, insetos, além de não prover o direcionamento do fluxo luminoso adequado para o local onde se deseja iluminar.

Figura 56 – Luminária inadequada para utilização em iluminação pública

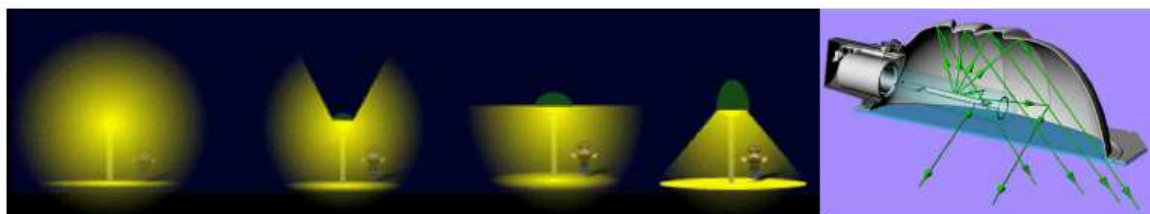


Fonte: COPEL (2012)

Objetivando aumentar a eficiência luminosa da luminária, foram desenvolvidos diversos tipos de conjuntos ópticos, com a função de direcionar a maior parte do fluxo luminoso emitido pelas lâmpadas para iluminar apenas as áreas de interesse, reduzindo consequentemente a poluição luminosa causada pela dispersão de luminosidade, exemplificada na Figura 57 (COPEL DISTRIBUIÇÃO, 2012).

Ainda hoje, encontram-se luminárias que têm um conjunto óptico razoável, porém são abertas, deixando as lâmpadas expostas a choques térmicos e incidência de insetos, reduzindo sua vida útil. Então, evoluindo o conceito de projeto das luminárias, foram desenvolvidos equipamentos fechados em materiais poliméricos ou vidro, exemplificado na Figura 58 (COPEL DISTRIBUIÇÃO, 2012).

Figura 57 – Da esquerda para a direita está exemplificado o aumento na eficiência luminosa. Conjunto óptico eficiente.



Fonte: INDAL (2011).

Com a luminária apresentada na Figura 58, os equipamentos necessários para o funcionamento da lâmpada – reatores e relés fotoelétricos – devem ser instalados nos postes.

Além da poluição visual causada pelos próprios equipamentos e as fiações, a distância física entre estes e a luminária dificulta a manutenção, visto que em caso de falhas, todos os componentes devem ser verificados (COPEL DISTRIBUIÇÃO, 2012).

Figura 58 – Um modelo de luminária fechada sem equipamento



Fonte: COPEL (2012)

Frente a isto, a mais recente evolução no projeto das luminárias são equipamentos que, além do dimensionamento adequado do conjunto óptico e proteção das lâmpadas, têm espaço interno suficiente para instalação dos reatores e na parte superior uma tomada para os relés fotoelétricos, ilustrado na Figura 59, denominada popularmente de luminária integrada. A norma nacional para ambos os equipamentos é a NBR 15129:2004 Luminárias para iluminação pública - Requisitos particulares (COPEL DISTRIBUIÇÃO, 2012).

Figura 59 – Exemplo de uma luminária integrada



Fonte: COPEL (2012)

f) Lâmpada: Hoje estão estabelecidos dois grandes grupos de lâmpadas elétricas que são: as incandescentes e as de arco (subdivididas em baixa pressão e alta pressão).

a) Lâmpada incandescente:

Comercializada desde 1907, a lâmpada incandescente, conforme mostrada na Figura 60, é a mais popular dentre todas as tecnologias de fontes luminosas disponíveis. Esta utiliza o efeito Joule para produzir o aquecimento de filamentos, normalmente de tungstênio, até uma temperatura que seja compatibilizada o máximo de emissão de energia nos comprimentos de onda da luz com o mínimo de deterioração dos filamentos (SANTANA, 2010).

Figura 60 – Modelo tradicional de lâmpada incandescente



Fonte: COPEL (2012)

Para os sistemas de iluminação pública, esta lâmpada não é indicada devido à sua baixa eficiência luminosa, em torno de 20lm/W, e baixa vida mediana, que é cerca de 1000 horas. No entanto, ainda são aplicadas em grande escala em residências devido, principalmente, ao baixo custo de aquisição em comparação com as demais fontes luminosas (COPEL DISTRIBUIÇÃO, 2012).

Além disso, o índice de reprodução de cor é de 100% e a temperatura de cor é 2400K, considerada quente, o que proporciona ao ambiente uma maior sensação de conforto (COPEL DISTRIBUIÇÃO, 2012).

A tecnologia mais utilizada na IP é a lâmpada à descarga à alta pressão e pertencem a este grupo tecnológico as lâmpadas a vapor de mercúrio, a vapor de sódio de baixa pressão, alta pressão e extra-alta pressão e a vapores metálicos (SANTANA, 2010).

b) Lâmpada a vapor de mercúrio em alta pressão:

A lâmpada a vapor de mercúrio, conforme mostrada na Figura 61, comercializada a partir de 1908, tem sua produção de luz através da excitação de gases provocada por corrente elétrica. Na partida desta lâmpada há a ionização de um gás inerte, em geral o argônio, provocando um aquecimento no bulbo fazendo evaporar o mercúrio e produzindo uma luz amarelada pela migração de elétrons. Na sequência há a ionização do mercúrio e as colisões entre os elétrons livres deste com o argônio produz uma luz azulada, e a composição das duas é o resultado obtido desta lâmpada. A característica da impedância desta lâmpada após a partida é de alta condutância, sendo necessária a utilização de reatores para limitar a corrente elétrica de alimentação (COPEL DISTRIBUIÇÃO, 2012).

Figura 61 – Lâmpada a vapor de mercúrio comum em iluminação pública



Fonte: COPEL (2012)

As lâmpadas a vapor de mercúrio constituem hoje a maior parte das lâmpadas instaladas na maioria das cidades do país. Apresenta rendimento muito superior ao da lâmpada incandescente, embora com prejuízo na reprodução de cores e necessitando de reator para o seu funcionamento. É o alvo principal dos programas de conservação de energia no setor de Iluminação Pública, para substituição principalmente pelas lâmpadas a vapor de sódio à alta pressão que têm um rendimento luminoso extremamente elevado, mas tem uma emissão monocromática, o que implica num baixo índice de reprodução de cores (Índice de Reprodução de Cores - IRC em torno de 20) (SANTANA, 2010).

c) Lâmpada a vapor de sódio em alta pressão:

A lâmpada a vapor de sódio em alta pressão, comercializada a partir de 1955, tem princípio de funcionamento muito similar à vapor de mercúrio, tendo como diferença básica a adição do sódio, e que devido suas características físicas exige que a partida seja feita mediante a um pico de tensão da ordem de alguns kV com duração da ordem de micro segundos (COPEL DISTRIBUIÇÃO, 2012).

Atualmente é uma das tecnologias mais aplicadas em sistemas de iluminação pública, sendo largamente empregadas. A grande desvantagem desta fonte luminosa é seu baixo índice de reprodução de cor (IRC), e a cor amarelada da luz emitida(COPEL DISTRIBUIÇÃO, 2012).

Figura 62 – Modelos tubular e ovóide de lâmpadas a vapor de sódio, utilizadas em iluminação pública



Fonte: COPEL (2012)

d) Lâmpada a multivapores metálicos:

A lâmpada a multivapores metálicos, comercializada a partir de 1964, é uma evolução da tecnologia a vapor de mercúrio, sendo fisicamente semelhante a vapor de sódio. O princípio é o mesmo, porém a adição de iodetos metálicos, conferiu à fonte luminosa maior eficiência luminosa e IRC. A luz produzida é extremamente brilhante, realçando e valorizando espaços; por estes motivos esta lâmpada é empregada em sistemas de iluminação pública em locais em que se busca também o embelezamento estético. (COPEL DISTRIBUIÇÃO, 2012).

e) Lâmpada fluorescente de indução magnética:

Esta tecnologia foi desenvolvida recentemente e o princípio básico de funcionamento é a excitação do mercúrio e dos gases nobres em seu interior através da aplicação de um campo magnético externo oscilante de altíssima frequência, da ordem de 250kHz. Devido à sua alta vida mediana, em torno de 60000 horas, esta fonte luminosa pode ser utilizada em lugares de difícil acesso, como por exemplo túneis. No entanto, devido ao alto custo e as baixas potências disponíveis (menores que 200W), a aplicação em iluminação viária ainda é inviável (COPEL DISTRIBUIÇÃO, 2012).

f) LED:

Atualmente, observa-se uma crescente evolução da tecnologia das luminárias para iluminação pública utilizando como fonte luminosa, o LED. Diferentemente das lâmpadas

incandescentes ou de descarga, que emitem luz através da queima de um filamento ou pela ionização de alguns gases específicos, o LED produz sua luminosidade, basicamente, através da liberação de fótons provocada quando uma corrente elétrica flui através deste componente (COPEL DISTRIBUIÇÃO, 2012).

Por se tratarem de fontes luminosas com fecho de luz bem direcionado, livres de metais pesados, com alta vida mediana, cerca de 50.000 horas, alta eficiência – cerca de 80lm/W, resistentes a vibrações, elevado IRC, e com flexibilidade na escolha da temperatura de cor, há a expectativa de que os equipamentos empregando estes componentes sejam no futuro a alternativa mais viável para sistemas de iluminação. No entanto, atualmente o custo elevado, a falta de normativas a respeito e o desconhecimento do real desempenho de todo o conjunto tornam a aplicação em larga escala inviável (SANTANA, 2010).

Existem outros dois sistemas para IP que utilizam energia limpa, são eles: energia solar, aonde são utilizados painéis fotovoltaicos, baterias, comando foto-eletrônico, luminária eficiente e lâmpada halôgena de corrente contínua (LED's) e os com funcionamento com energia eólica por meio de pequenos cata-ventos ligados a geradores no lugar de placas voltaicas (SANTANA, 2010).

Na Tabela 19 é mostrado um resumo com as principais características das fontes luminosas usadas em sistemas de IP. Os valores indicados são apenas uma referência para comparação entre as tecnologias.

Tabela 19 – Comparativo entre as tecnologias

Tecnologia	Temperatura de cor (K)	IRC (%)	Eficiência luminosa (lm/W)	Vida mediana (horas)
Incandescente	2700	100	10-20	1000
Vapor de mercúrio	3000-4000	40-55	45-58	9000-15000
Vapor de sódio	2000	22	80-150	18000-32000
Vapor metálico	3000-6000	65-85	65-90	8000-12000
Indução	4000	80-90	80-110	60000

Fonte: adaptado de Guerrini (2007) e Silva (2006)

Segundo Santana (2010), outras lâmpadas já comercializadas são as lâmpadas de indução que tem um rendimento luminoso próximo da lâmpada a vapor de sódio a alta pressão, um bom índice de reprodução de cores (IRC=80) e uma vida mediana de 60.000 horas. As lâmpadas a multivapores metálicos têm tecnologia semelhante às de vapor de mercúrio. Nestas lâmpadas são utilizados uma seleção de metais e gases em quantidades que proporcionam um elevado índice de reprodução de cores. Têm baixa durabilidade, mas, recentemente, a substituição dos tubos de quartzo por 32 tubos cerâmicos similares ao das lâmpadas de sódio, está elevando a vida desse produto. A Figura 63 apresenta o desempenho das lâmpadas, apresentado pelo Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial:

Figura 63 – Desempenho das Lâmpadas

SIMPOLUX 2006
X Simpósio Brasileiro de Iluminação Eficiente

Ministério do Desenvolvimento
Indústria e Comércio Exterior

BRASIL
INMETRO

Desempenho de Lâmpadas	Vida Útil horas	Rendimento lm/W
Incandescente	1 000	11
Fluoresc.Compacta	8 000	60
Fluoresc. Tubular	24 000	80
Mercúrio HID	16 000	40
Sódio HID	18 000	120
Vapor Metálico HID	14 000	90
Sódio Indução	60 000	200

Fonte: INMETRO (2010)

3. MÉTODO E MATERIAIS

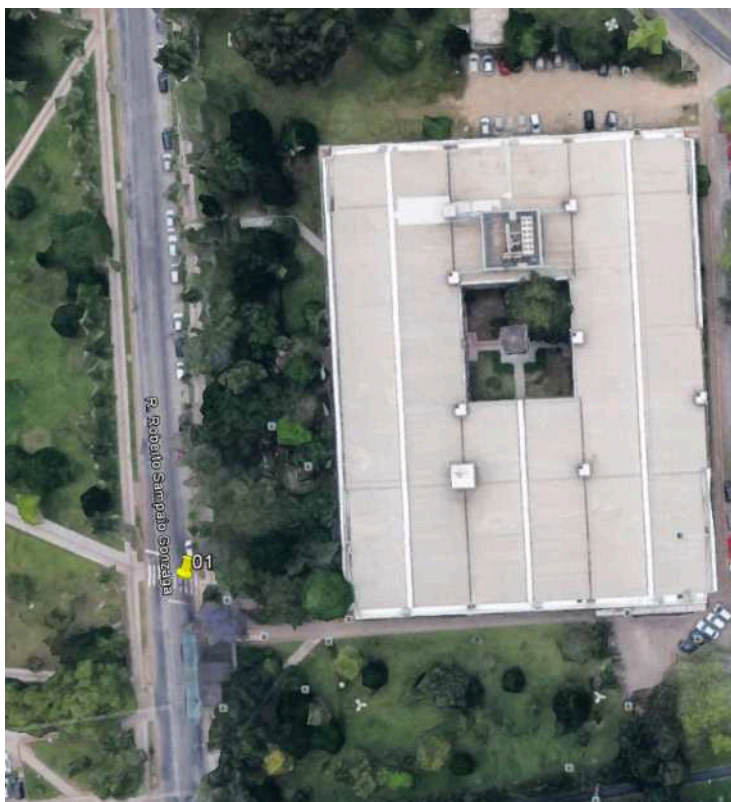
3.1. CARACTERIZAÇÃO DOS TRECHOS

Os segmentos avaliados estão no litoral de Santa Catarina, na Cidade de Florianópolis, nas ruas Roberto Sampaio Gonzaga - Segmento "A", Delfino Conti - Segmento "B" e Deputado Antônio Edu Vieira - Segmento "C", localizadas nos arredores da Universidade Federal de Santa Catarina, com jurisdição do Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT). Para a avaliação do presente trabalho, realizaram-se os levantamentos em ambas as faixas de rolamento, incluindo pista e acostamento.

Nestes segmentos foram analisados cinco indicações de faixas de pedestres, uma localizada na rua Roberto Sampaio Gonzaga, uma na rua Delfino Conti e três na rua Dep. Antônio Edu Vieira, representados por algum tipo de sinalização horizontal e/ou vertical de faixas de pedestres, conforme Figuras 64, 67 e 71.

3.1.1. Segmento "A" - Rua Roberto Sampaio Gonzaga

Figura 64 - Localização do Segmento "A" e a Faixa de Pedestres numerada de 01



Fonte: Adaptada do Google Earth (2016)

3.1.1.1. Imagens da faixa de pedestres numerada de 01

A Figura 65 é uma imagem da faixa de pedestres, localizada na Rua Roberto Sampaio Gonzaga, fotografada pelo autor as 15:00, com o intuito de analisar a sinalização presente durante o dia com a iluminação natural.

Figura 65 - Configuração da Faixa de Pedestres do Segmento “A”



Fonte: Autor

A Figura 66 é uma imagem da faixa de pedestres, localizada na Rua Roberto Sampaio Gonzaga, fotografada pelo autor as 20:00, com o intuito de analisar a iluminação artificial.

Figura 66 - Configuração da Faixa de Pedestres do Segmento “A”



Fonte: Autor

As demarcações horizontais presentes nos trechos são as faixas de travessias de pedestres e as linhas de retenção de fluxo que são da cor branca, o segmento analisado não possui sinalização vertical.

3.1.2. Segmento "B" - Rua Delfino Conti

Figura 67 - Localização do Segmento "B" e a Faixa de Pedestres numerada de 2



Fonte: Adaptada do Google Earth (2016)

3.1.2.1. Imagens da faixa de pedestres numerada de 02

A Figura 68 é uma imagem da faixa de pedestres, localizada na Rua Delfino Conti, fotografada pelo autor as 15:00, com o intuito de analisar a sinalização presente durante o dia com a iluminação natural.

A Figura 69 é uma imagem ampliada da mesma faixa de pedestres numerada de 02, para que seja possível uma análise mais precisa.

Figura 68 - Configuração da Faixa de Pedestres do Segmento “B”



Fonte: Autor

Figura 69 - Configuração da Faixa de Pedestres do Segmento “B”



Fonte: Autor

A Figura 70 é uma imagem da faixa de pedestres, localizada na Rua Delfino Conti, fotografada pelo autor as 20:00, com o intuito de analisar a iluminação artificial.

Figura 70 - Configuração da Faixa de Pedestres do Segmento “B”

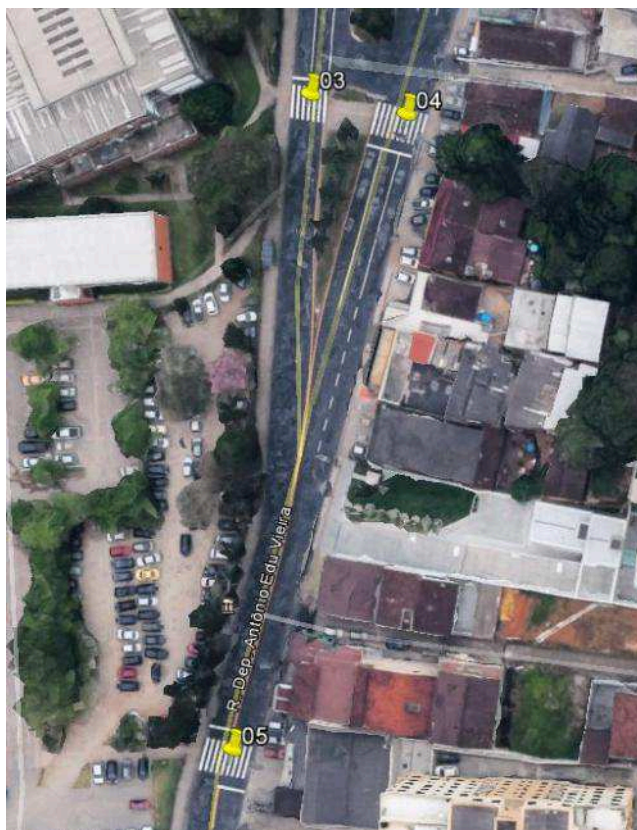


Fonte: Autor

As demarcações horizontais presentes nos trechos são as faixas de travessias de pedestres e as linhas de retenção de fluxo que são da cor branca, o segmento analisado não possui sinalização vertical.

3.1.3. Segmento "C" - Rua Deputado Antônio Edu Vieira

Figura 71 - Localização do Segmento "C" e as Faixas de Pedestres numeradas de 03 a 05



Fonte: Adaptada do Google Earth (2016)

3.1.3.1. Imagens das faixas de pedestres

As Figuras 72, 74, 75, 77 e 78 são imagens das faixas de pedestres, localizadas na Rua Deputado Edu Vieira, fotografadas pelo autor as 15:00, com o intuito de analisar a sinalização presente durante o dia com a iluminação natural.

As Figuras 73, 76 e 79 são imagens das faixas de pedestres, localizadas na Rua Deputado Antônio Edu Vieira, fotografadas pelo autor as 20:00, com o intuito de analisar a iluminação artificial.

- Faixa de pedestres numerada de 03

Figura 72 - Configuração da Faixa de Pedestres numerada de 03 do Segmento “C”



Fonte: Autor

Figura 73 - Configuração da Faixa de Pedestres numerada de 03 do Segmento “C”



Fonte: Autor

- Faixa de pedestres numerada de 04

Figura 74 - Configuração da Faixa de Pedestres numerada de 04 do Segmento “C”



Fonte: Autor

Figura 75 - Configuração da Faixa de Pedestres numerada de 04 do Segmento “C”



Fonte: Autor

Figura 76 - Configuração da Faixa de Pedestres numerada de 04 do Segmento “C”



Fonte: Autor

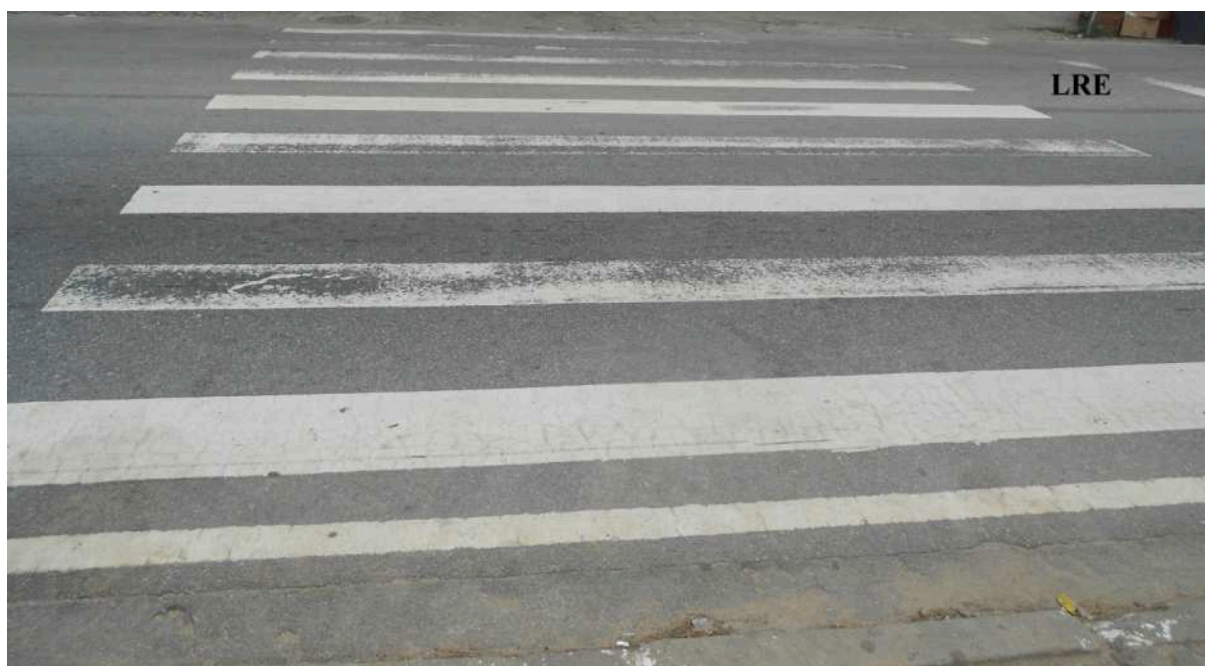
- Faixa de pedestres numerada de 05

Figura 77 - Configuração da Faixa de Pedestres numerada de 05 do Segmento “C”



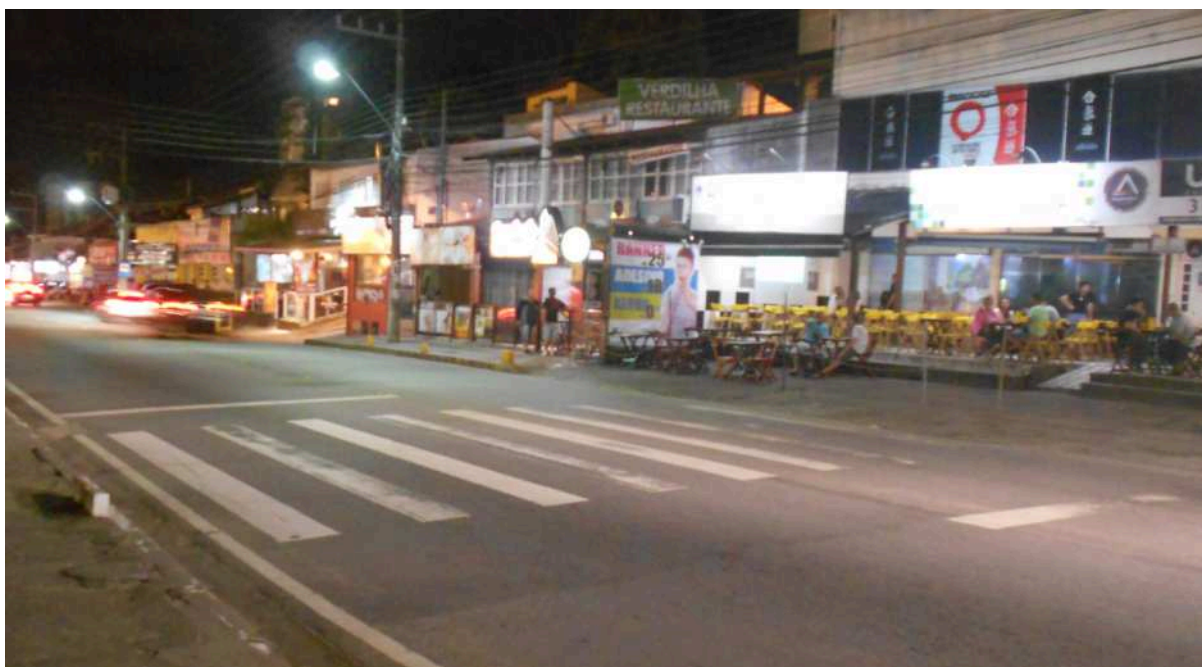
Fonte: Autor

Figura 78 - Configuração da Faixa de Pedestres numerada de 05 do Segmento “C”



Fonte: Autor

Figura 79 - Configuração da Faixa de Pedestres numerada de 05 do Segmento “C”



Fonte: Autor

As demarcações horizontais presentes nos trechos são as faixas de travessias de pedestres e as linhas de retenção de fluxo que são da cor branca, já a sinalização vertical apresentam-se na cor amarela.

A sinalização vertical encontrada no segmento "C" é a apresentada a seguir, conforme Figura 80.

Figura 80 - Tipo de Sinalização Presentes no Segmento "C"



Fonte: Autor

3.2. COLETA DE DADOS EM CAMPO

Os levantamentos foram realizados nos segmentos seguindo uma metodologia própria, de modo a coletar uma série de dados que melhor atendessem às necessidades do presente trabalho.

3.2.1. Distância de visibilidade da faixa de pedestres e do pedestre

Para obter os valores de distância de visibilidade noturna da faixa de travessia de pedestres e do pedestre, foi utilizado um carro popular com luz baixa e uma trena a laser. A coleta de dados consistiu em verificar a que distância o motorista detecta no seu campo de visão o pedestre e/ou a faixa de travessia.

Para isso foi configurado a pior situação de visibilidade do pedestre pelo motorista, em que o pedestre usava vestimenta escura o que dificulta a visibilidade do pedestre pelo motorista na ausência ou com pouca luz.

3.2.2. Correlação entre acidentes e sinalização de faixas de pedestres.

Realizou-se contato com os órgãos de fiscalização dos segmentos “A”, “B” e “C” para obtenção informações de acidentes envolvendo pedestres, contendo informações quanto a gravidade, localização e horário dos acontecimentos.

Para os segmentos “A”, “B” e “C”, juntamente ao 4º Batalhão da Polícia Militar, conseguiu-se um banco de dados datados desde janeiro de 2009 até outubro de 2015.

4. RESULTADOS E ANÁLISES

4.1. LEVANTAMENTO DE CARACTERIZAÇÃO DOS SEGMENTOS

Os levantamentos de caracterização dos trechos do segmento "A", "B" e "C" foram realizados no dia 06/10/2016, onde observou-se as seguintes características: locação, velocidade regulamentada no trecho, existência de sinalização vertical de advertência indicativa de travessia de pedestres, a condição da pintura sinalização horizontal e a iluminação artificial. A Tabela 20 caracteriza as faixas dos segmentos.

Tabela 20 – Caracterização dos trechos analisados

Segmento	Faixa	Velocidade da Via (Km/h)	Linha de Retenção	Sinalização Vertical				Pista
				0 m	25 m	50 m	100 m	
A	1	40	S	N	N	N	N	DUPLA
B	2	60	S	N	N	N	N	DUPLA
C	3	60	S	S	N	N	N	DUPLA
	4	60	S	S	N	N	N	MÚLTIPLA
	5	60	S	S	N	N	N	DUPLA

S: possui sinalização vertical locada em relação a travessia de pedestres

N: não possui sinalização vertical locada em relação a travessia de pedestres

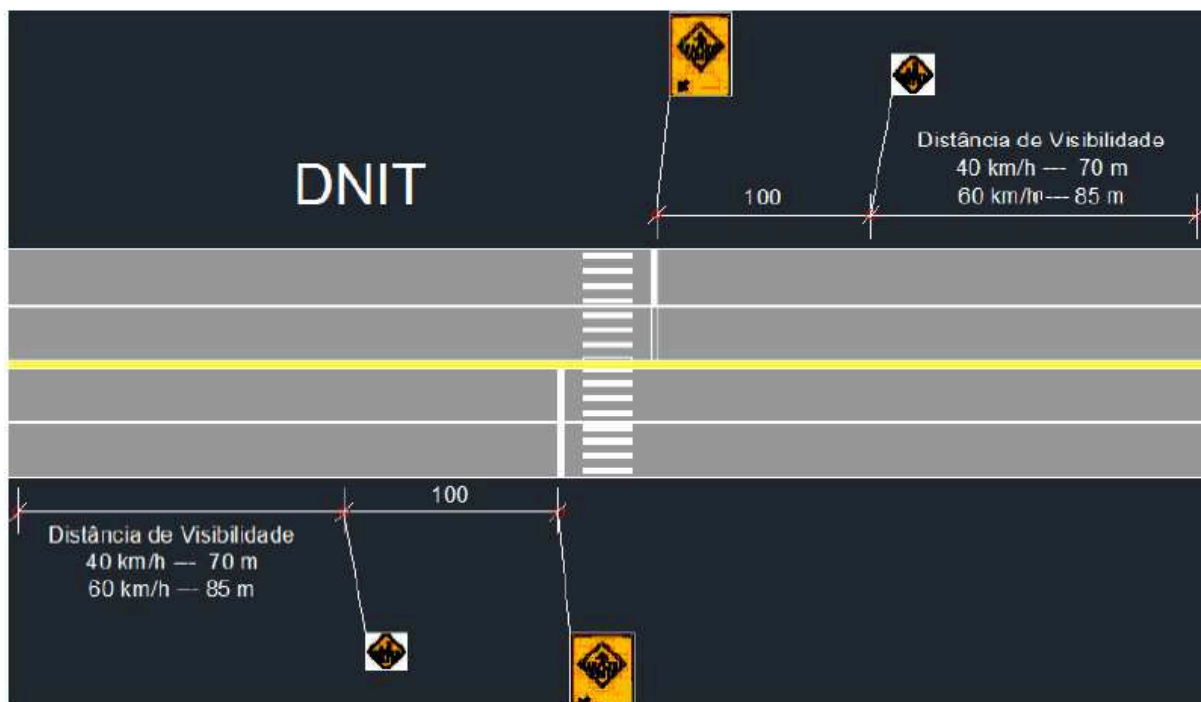


Sinalização Vertical na cor Amarela

Fonte: Autor

A Figura 81 representam os modelos especificados pelo DNIT.

Figura 81 - Modelo de Sinalização de Faixas de Travessia de Pedestres Sugeridas Pelo DNIT



Fonte: BRASIL (2010)

Analisando a Tabela 21 com o modelo ilustrado pela Figura 84 elaborou-se a Tabela 20.

Tabela 21 - Comparativo Segmentos "A", "B" e "C" com Modelo de Sinalização das Faixas de Travessia de Pedestres Sugerido pelo DNIT (2010)

Segmento	Faixas de Pedestres	Linha de Retenção	Sinalização Vertical	Sinalização de Advertência - Pré-sinalização	Observação
A	Ok	Ok			Linha contínua necessita revitalização, não possui sinalização vertical e pré-sinalização de advertência
B	Ok	Ok			Linha contínua necessita revitalização, não possui sinalização vertical e pré-sinalização de advertência
C	Ok	Ok	Ok		Linha contínua necessita revitalização, não possui pré-sinalização de advertência
	Ok	Ok	Ok		Linha contínua necessita revitalização, não possui pré-sinalização de advertência
	Ok	Ok	Ok		Linha contínua necessita revitalização, não possui pré-sinalização de advertência

Fonte: Autor

4.1.1. Sinalização Horizontal e Sinalização Vertical

Através da tabela acima fez-se uma correlação entre a sinalização horizontal existente e a sua respectiva sinalização vertical e percebeu-se que no segmento "A" e "B", as faixas de pedestres observadas não possuem nenhum tipo de sinalização vertical de advertência de passagem de pedestres.

No segmento "C", os 3 pontos observados possuem algum tipo de sinalização vertical referente a passagem de pedestres.

De forma global, dos 5 pontos observados, 3 possuem algum tipo de sinalização vertical de advertência de passagem de pedestres, representando 60% das faixas.

Nota-se que nos três segmentos observados as faixas de travessia de pedestres possuem linha de retenção.

4.1.2. Iluminação

4.1.2.1. Determinação da distância de visibilidade noturna da faixa de travessia de pedestres e distância de visibilidade dos pedestres

Os levantamentos para determinação das distâncias de visibilidade noturna são mostrados na Tabela 22.

Tabela 22 - Levantamentos para Determinação das Distâncias de Visibilidade

Segmento	Faixa de Pedestres	Condição de Luminosidade Local	Situação da Sinalização Horizontal	Distância de visibilidade do pedestre	Distância de Visibilidade da Faixa de travessia de pedestres
A	1	Pouco Iluminado	Péssima	68 m	61 m
B	2	Pouco Iluminado	Péssima	55 m	50 m
C	3	Bastante Iluminado	Boa	41 m	38 m
	4	Iluminado	Ruim	39 m	35 m
	5	Iluminado	Ruim	33 m	31 m

Fonte: Autor

Observa-se pela Tabela 22 que em todos os casos a distância de visibilidade do pedestre foi maior. Mostra que os pedestres são vistos antes da faixa de travessia de pedestre, não importando o fato de que a sinalização horizontal não possui pintura de retrorrefletividade.

O que influencia é a iluminação externa da travessia de pedestres. Para as travessias observadas com pouca iluminação o pedestre começa a ser observado mais ou menos quando os primeiros focos de luz oriundos dos faróis do veículo o ilumina, o que em situação de risco no qual force o motorista fazer um manobra de segurança, a distância existente entre o veículo e o pedestres é pequena e provavelmente aconteceria um acidente, e até mesmo para as condições com bastante iluminação o pedestre é avistado em distâncias consideradas inseguras para o DNIT (2010) para a velocidade regulamentar da via.

4.1.2.2. Correlação de acidentes de trânsito com a sinalização dos segmentos

Com o fornecimento de dados sobre acidentes envolvendo veículos e pedestres, pelos órgãos de fiscalização das vias, correlacionou-se os a situação da sinalização dos segmentos.

Com dados fornecidos pelo 4º Batalhão da Polícia Militar, foi observado que de janeiro de 2009 até outubro de 2015, ocorreram 29 acidentes envolvendo veículos e pedestres no entorno da Universidade Federal de Santa Catarina, onde estão inseridos os trechos analisados. Conforme Tabela 23.

Tabela 23 - Acidentes do Tipo Atropelamento de Pedestres no entorno da UFSC

Perfil dos Acidentes		
Tipo	Total	Participação
Abalroamento	2	5%
Atropelamento de Animais	0	0%
Atropelamento de Pessoas	29	73%
Capotamento	3	8%
Choque	2	5%
Colisão	4	10%
Tombamento	0	0%
Total geral do período	40	100%

Fonte: Adaptado 4º Batalhão da Polícia Militar

Também é possível fazer uma análise sobre os horários dos acidentes no segmentos "A", "B" e "C" relatados na Tabela 24, em que se verifica que em 45% dos casos os acidentes ocorreram no período em que havia pouca incidência de luz.

Tabela 24 - Distribuição dos Atropelamentos pelo Horário

Horário	Total	Participação
00:01 às 03:00	1	3%
03:01 às 06:00	1	3%
06:01 às 09:00	2	7%
09:01 às 12:00	2	7%
12:01 às 15:00	3	10%
15:01 às 18:00	5	17%
18:01 às 21:00	13	45%
21:01 às 24:00	2	7%
Total geral do período	29	100%

Fonte: Adaptado 4º Batalhão da Polícia Militar

4.2. MELHORIAS PROPOSTAS

4.2.1. Sinalização Horizontal

Conforme é possível observar pelas Figuras 65, 68, 69, 74, 75, 77 e 78, nota-se que a sinalização horizontal das faixas numeradas de 01, 02, 04 e 05 nas ruas Roberto Sampaio Gonzaga, Delfino Conti e Deputado Antônio Edu Vieira, respectivamente, estão em precária situação, precisando urgentemente de uma manutenção e revitalização. No segmento "C", a faixa de pedestres numerada de 03 apresenta-se em bom estado, porém nenhuma das faixas de pedestres possui pintura retrorrefletiva, portanto uma melhoria necessária seria a utilização de tinta acrílica refletiva para fornecer uma melhor visibilidade noturna aos motoristas e transeuntes.

4.2.2. Sinalização Vertical

Em duas das cinco faixas de travessia de pedestres analisadas, as numeradas de 01 e 02 respectivamente, não foi encontrada nenhuma sinalização vertical, como da Figura 81, que é de suma importância para a visibilidade dos motoristas. Então seria fundamental a inclusão desse tipo de sinalização nessas faixas.

4.2.3. Iluminação

Ao analisar as faixas de travessia de pedestres, pode-se observar que em duas das cinco faixas, numeradas de 01 e 02, a iluminação utilizada com lâmpadas de vapor de sódio não é a adequada para a melhor visibilidade noturna, pois essa tem sua luz concentrada nos espectros amarelos, que são melhor reconhecidos pela retina em situações com alto índice de luminosidade. Tecnologias como vapor metálico e LED encaixam-se melhor nesse aspecto de penumbra noturna, quando há pouca ou quase nenhuma luz.

4.3. CONCLUSÕES

Este trabalho focou em um tema de suma importância para a segurança viária: as condições da sinalização referente a indicação de travessia de pedestres de três trechos com Volume Diário Médio - VDM elevado.

Nele buscou-se dissertar se a sinalização das travessias está de acordo com a legislação e se estão com desempenho da sinalização compatível com o que é estabelecido em normas e resoluções.

Para isto foi analisado três segmentos localizados na cidade de Florianópolis no Estado de Santa Catarina. O primeiro segmento intitulado Segmento “A” é a rua Roberto Sampaio Gonzaga, o segundo denominado com Segmento “B” é a rua Delfino Conti e o terceiro intitulado Segmento "C" é a rua Deputado Antônio Edu Vieira.

Coletou-se uma série de dados a fim de caracterizar segmentos, onde através da legislação vigente, foi possível dizer que nenhuma das 5 indicações das travessias de pedestres possuem todos os requisitos mínimos referentes à sinalização vertical e horizontal.

Também buscou-se avaliar se a retrorrefletividade da sinalização de indicação de travessia de pedestres encontrava-se em condições mínimas aceitáveis estabelecidas por norma, e foi possível constatar que a sinalização horizontal não possui pintura retrorrefletiva.

Logo, mesmo que haja sinalização horizontal das faixas numeradas de 01, 02, 04 e 05 ruas Roberto Sampaio Gonzaga, Delfino Conti e Deputado Antônio Edu Vieira, respectivamente, estão em precária situação, precisando urgentemente de uma manutenção e

revitalização. No segmento "C", a faixa de pedestres numerada de 03 apresenta-se em bom estado, apesar de ser indicada a pintura da sinalização horizontal com tinta retrorrefletiva.

Também, analisou-se a distância de visibilidade do pedestre e da faixa de travessia pedestre em condições de baixa e de alta luminosidade onde percebeu-se que o pedestre entra no campo de visão do motorista antes da sinalização horizontal de travessia de pedestres, e que a iluminação externa é de suma importância para a condição de segurança da via, no qual fica evidenciado pelo levantamento que melhora a distância de visibilidade do pedestre, podendo vir a ser importante na tomada de decisão do motorista na hora de uma manobra.

Foi realizado uma análise entre dados de acidentes envolvendo pedestre próximo e/ou sobre a sinalização horizontal, mas os dados obtidos não possuíam tal informação, porém buscou-se correlacionar os acidentes em função aos dados fornecidos pela Polícia Militar de acidentes na região analisada.

Foram propostas alterações na sinalização vertical, horizontal e na iluminação das faixas de pedestres analisadas, como a inclusão de sinalização vertical indicativa de travessia de pedestres naquele local em faixas que não as possuíam; da revitalização da sinalização horizontal, muito precárias na grande maioria das faixas nos segmentos analisados; assim como a utilização de pintura retrorrefletiva nas faixas de pedestres e o uso de tecnologias mais eficientes de iluminação como a lâmpadas de vapor metálicos ou até mesmo LED, que possui vantagens em relação às outras tecnologias, como o baixo consumo de energia, alta eficiência luminosa e vida mediana muito maior que as demais, o que diminui custos de substituição e manutenção, além de seu alto índice de IRC, o que ajuda, tanto os pedestres como os motoristas a reconhecer as cores dos semáforos, perceber desníveis no caminho, entre outros importantes fatores.

Conclui-se que existe a necessidade da criação de uma legislação única no que diz respeito à sinalização de trânsito, e também sobre normas específicas para iluminação de faixas de travessia de pedestres para que a partir de tal situação, seja tomado as devidas providências com respeito à revitalização da sinalização, assim como, uma maior preocupação dos órgãos responsáveis na manutenção da sinalização horizontal, na inclusão de sinalização vertical onde essa não existe e da utilização de um sistema mais eficiente de iluminação artificial como a tecnologia LED e/ou as lâmpadas com vapor metálico.

REFERÊNCIAS

ABETTRAN. Disponível em: <www.abetran.org.br> Acesso em setembro de 2016.

ABNT - Associação Brasileira De Normas Técnicas –. Pesquisa de acidentes de trânsito. NBR 10697:1989, 1989.

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Disponível em: <<http://www.abntcatalogo.com.br>> Acesso em agosto de 2016.

ABNT. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14664**: Sinalização vertical viária – Requisitos. Rio de Janeiro, 2007.

ABNT. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14723**: Sinalização horizontal viária – Avaliação da retrorrefletividade utilizando equipamento manual com geometria de 15m. Rio de Janeiro, 2013.

ABNT. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15426**: Sinalização vertical viária – Métodos de ensaio padrão para medição de películas retrorrefletivas. Rio de Janeiro, 2013.

ABNT. **NBR 5101** – Iluminação pública. 1992.

AGERGS. AGÊNCIA ESTADUAL DE REGULAÇÃO DOS SERVIÇOS PÚBLICOS DELEGADOS DO RIO GRANDE DO SUL. **Nota Técnica DQ 01/2006: Indicadores de Qualidade dos Serviços – Pólos de Concessão Rodoviária**. Porto Alegre, 2005.

AGERGRS. AGÊNCIA ESTADUAL DE REGULAÇÃO DOS SERVIÇOS PÚBLICOS DELEGADOS DO RIO GRANDE DO SUL. **Nota Técnica DQ 01/2008: Indicadores de Qualidade dos Serviços – Pólos de Concessão Rodoviária**. Porto Alegre, 2006.

ALMEIDA, E.G.; RESENDE, L.; FERREIRA, W.R. **Educação para o trânsito: circulação de pedestres pelas calçadas e faixas de rolamento em frente às escolas**. Caminhos de Geografia – revista online. Disponível em: <www.ig.ufu.br>. Acesso em agosto de 2016.

ALVES, E.V. **Metodologia de análise de acidentes de trânsito com base na classificação funcional da via: Estudo de caso no distrito sede de Florianópolis - SC usando modelo logístico multinomial**. Dissertação (Pós-Graduação em Engenharia Civil) – Área de concentração: Sistemas de Transportes, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2005.

ANEEL. **Nota técnica nº 021/2011-SRC/ANEEL**, de 25 de agosto de 2011. Disponível em: <http://www2.aneel.gov.br/aplicacoes/audiencia/arquivo/2011/049/documento/nt-021_2011_art_218.pdf> Acesso em setembro de 2016.

ANEEL. **Resolução Normativa nº 414**, 9 de setembro de 2010. Disponível em: <www.aneel.gov.br/cedoc/ren2010414.pdf> Acesso em setembro de 2016.

ARIOTTI, P. **Análise do padrão de comportamento de pedestres em travessias semaforizadas**. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Área de concentração: Sistemas de Transportes, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 111f, 2006.

AUSTIN, R.; SCHULTZ, R. **Guide to retroreflection safety principles and retroreflective measurements**. RoadVista, San Diego, 2006, 26 p.

BRASIL. Ministério das Cidades. **Código de Trânsito Brasileiro**. Brasília, 2008.

BRASIL. Departamento Nacional de Estradas de Rodagem. **Manual de sinalização rodoviária**. Ministério dos Transportes, 1999.

BRASIL. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. **Anuário estatístico das rodovias federais**. Rio de Janeiro, 2010.

BRASIL. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. **Manual de Sinalização Rodoviária 3ª edição**. Rio de Janeiro, 2010.

BRASIL. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. **Quadro 0102 - Número de Acidentes por Tipo e Gravidade**. 2012. Disponível em: <www.dnit.gov.br/download/rodovias/operacoes-rodoviaras/estatisticas-de-acidentes/quadro-0102-numero-de-acidentes-por-tipo-e-gravidade-ano-de-2011.pdf>. Acesso em agosto de 2016.

BRASIL. Departamento de Estradas de Rodagem de Minas Gerais. **Recomendações técnicas para sinalização viária horizontal**. Belo Horizonte, 2006.

CASTILHO, F.B. **Sobre a conspicuidade, legibilidade e retrorrefletividade das placas de sinalização viária**. 2009. 100f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Transportes) – Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo. São Carlos, 2009.

COBRA, Rubem Queiroz. COBRA, Maria José Távora. **Respeito ao Pedestre na Faixa**. Disponível em: <<http://www.cobra.pages.nom.br/bmpfaixapedestres.html>>. Acesso em setembro de 2016.

CONSELHO NACIONAL DE TRÂNSITO. **Manual Brasileiro de Sinalização de Trânsito – Volume II**. Brasília, 2007.

CONSELHO NACIONAL DE TRÂNSITO. **Manual Brasileiro de Sinalização de Trânsito – Volume IV**. Brasília, 2007.

CONTRAN. **Resolução nº 166. 2004**. Disponível em: <www legisweb.com.br/legislacao> Acesso em agosto de 2016.

COSTA, A. H. P.; SECO, A. J. M.; VASCONCELOS, A. L. P., 2006, Sinais Luminosos. Textos Didáticos. 1ª Edição. Portugal.

CPFL Energia. **Projeto – Iluminação Pública**. 2006. Disponível em:

<www.sites.cpfl.com.br/documentos-tecnicos/GED-3670.pdf>. Acesso em setembro de 2016.
DAER. Sinalização rodoviária. Porto Alegre, 2006, 121 p.

DAROS, E. J. **O Pedestre**. Disponível em: <www.pedestre.org.br/downloads>. Acesso em outubro de 2016.

DAROS, E. J. **O Risco de Atropelamento**. Disponível em:
<www.pedestre.org.br/downloads/O%20Risco%20de%20Atropelamento.pdf>. Acesso em outubro de 2016.

DEBAILLON, C. et al. **Recommendations for minimum pavement marking retroreflectivity values based on tarvip analysis**. College Station, Texas, 2007.

DEEPASK. 2013. Disponível em: <www.deepask.com> Acesso em setembro de 2016.

DENATRAN. Departamento Nacional de Trânsito. **Serviços de Engenharia: Manual de Segurança de Pedestres**. Brasília, DF, 1979.

DENATRAN. Departamento Nacional de Trânsito para cidades. Brasília, 2008.

DENATRAN. Departamento Nacional de Trânsito. **Custos dos Acidentes de Trânsito**. 2004. Disponível em: <www.denatran.gov.br/publicacoes/download/custos_acidentes_transito.pdf> Acesso em agosto de 2016.

DETRAN-RS. 2015. Disponível em: <www.detran.rs.gov.br/conteudo/35251/acidente-de-transito-e-a-principal-caoa-de-mortes-de-jovens-no-mundo> Acesso em setembro de 2016.

FHWA. **Preliminary economics impacts of implementing minimum levels of pavement marking retroreflectivity**. U.S. Department of Transportation, FHWA Office of Savety, Washington DC, 2008.

DUPERREX O, Bunn F, Roberts I. **Safety education of pedestrians for injury prevention: a systematic review of randomized controlled trials**. BMJ. 2002.

FHWA. **Roadway delineation practices book**. U.S. Department of Transportation, Washington, 1994.

FREIRE, R. T. S. **Trânsito: Um problema urbano**. Trabalho de Conclusão de Curso (Pós-Graduação) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2011.

GOLD, P.; WRIGHT, C. L., 1998, “Caracterização dos Acidentes de Trânsito” In: Banco Interamericano de Desenvolvimento. **Segurança de Transito – Aplicações de Engenharia para Reduzir Acidentes**. 1a ed. Cap. 3, Estados Unidos da America, USA

GOLD, P.; WRIGHT, C. L., 2000, **Passarelas e Segurança do Trânsito**.

GOLD, P. A., 2003, **Melhorando as Condições de Caminhada em Calçadas**. Nota Técnica. Gold Projects. São Paulo, SP.

GOOGLE. **Software Google Earth**. 2016.

GOOGLE. **Software Google Maps**. 2016.

GUERRINI, Délio Pereira. **Iluminação Teoria e Projeto**. 1º Edição. São Paulo, 2007.

ILUMINAÇÃO PÚBLICA. Disponível em <www.eletobras.com> Acesso em outubro de 2016.

IPEA/ANTP. **Impactos sociais e econômicos dos acidentes de trânsito nas aglomerações urbanas brasileiras**. RELATÓRIO EXECUTIVO. Brasília, 2003.

IPEA. **Estudo de causas de acidentes de trânsito**. Rede de Pesquisa e Desenvolvimento de Políticas Públicas, IPEA. Brasília, 2004.

ITE/FHWA. 1999, **Traffic Calming: State of the Practice**. Institute of Transportation Engineers, Federal Highway Administration. EUA.

LIBERALESSO, R. **Avaliação crítica da sinalização empregada nas travessias de pedestres situadas na BR-287 e RS-509**. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2014.

MAGALHÃES, M. T. Q.; RIOS, M. F.; YAMASHITA, Y. **Identificação de Padrões de Posicionamento Determinantes do Comportamento dos Pedestres**. In: XVIII Congresso de Pesquisa e Ensino em Transportes, ANPET, Vol. II, pp. 999 - 1010. Florianópolis, SC, Brasil, 2004.

MELLO, M. B. A. **Estudo das variáveis que influenciam o desempenho das travessias de pedestres sem semáforos**. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Rio de Janeiro - Engenharia de Transportes, COPPE, Rio de Janeiro, 2008.

MIRANDA, V. A. A., & CABRAL, S. D. **Travessias de pedestres em vias de grande movimento: Estudo de caso no Rio de Janeiro**. 2003. Artigo apresentado no 14º Congresso Brasileiro de Transporte e Trânsito, da Associação Nacional dos Transportes Públicos - Vitória, Espírito Santo.

MORAES, L.K. **Avaliação crítica da evolução da retrorrefletividade da sinalização horizontal em trecho experimental**. 2014. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação de Engenharia Civil) – Santa Maria, 2014.

MOREIRA, H; MENEGON, R. **Sinalização horizontal**. 2003, 82 p.

MUTCD, Manual on Uniform Traffic Control Devices, 2003, **For Streets and Highways, Markings**. US DOT, FHWA, Washington, DC, Part 3.

OMS. Organização Mundial da Saúde. 2014. **Relatório sobre acidentes de trânsito**. Disponível em: <<http://www.who.org>>. Acesso em agosto de 2016.

OMS Organização Mundial da Saúde. **Uma Brochura para o Dia 07 de Abril de 2004**. Em <<http://www.who.org>>. Acesso em agosto de 2016.

POLÍCIA MILITAR RODOVIÁRIA - SC. 2011. Disponível em: <www.pmr.v.sc.gov.br> Acesso em agosto de 2016.

POR VIAS SEGURAS. Disponível em < www.vias-seguras.com >. Acesso em agosto de 2016.

ROSA, E. M. **Estudo sobre a segurança do pedestres no trânsito**. Trabalho de Conclusão de Curso (Pós-Graduação) – IAVM – Instituto a Vez do Mestre, Belo Horizonte, 2014.

ROZESTRATEN, R. J. A. (1988). **Psicologia do trânsito: conceitos e processos básicos**. São Paulo: EPU-EDUSP.

SALES, R. P. **LED, O Novo Paradigma da Iluminação Pública**. Tese de M. Sc., Instituto de Engenharia do Paraná, Curitiba, Paraná, Brasil, 2011.

SANTANA, R. M. B. **Iluminação Pública: Uma abordagem gerencial**. Trabalho de Conclusão de Curso (Pós-Graduação) – Universidade Salvador, Salvador, 2010.

SCHWAB, M.S.F. **Estudo do desempenho dos materiais de demarcação viária retrorrefletivos**. 1999. 159f. Dissertação (Pós-Graduação em Engenharia de Materiais) – Rede Temática em Engenharia de Materiais. Belo Horizonte, 1999.

SENADO FEDERAL. 2016. Disponível em: <www12.senado.leg.br> Acesso em agosto de 2016.

SILVA, L. L. F. **Iluminação pública no Brasil: aspectos energéticos e institucionais**. Dissertação (Mestrado em Planejamento Energético). Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2006.

SISIOPIKU, V. P. **Pedestrian Crossing Compliance: Estimation Methods and Behavioral Analysis**. 2000. Disponível em: <www.academia.edu/17363590/Pedestrian_Crossing_Compliance_Estimation_Methods_and_Behavioral_Analysis> Acessado em agosto de 2016.

TAVARES, S.G. **Simulação Computacional para Projeto de Iluminação em Arquitetura**. Dissertação (Mestrado em Arquitetura), Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2007.

TORQUATO, R. J. **Percepção de risco e comportamento de pedestres**. Dissertação (Mestrado em Psicologia) – Setor de Ciências Humanas, Letras e Artes, Universidade Federal do Paraná, 2011.

VEJA SÃO PAULO. 2014. Disponível em: <www.vejasp.abril.com.br/materia/ppp-para-trocar-iluminacao-publica-por-lampadas-de-led> Acesso em agosto de 2016.

WASELFSZ, J. J. **Mapa da Violência: Acidentes de Trânsito e Motocicletas**. Rio de Janeiro, 2013.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Global Status Report on Road Safety: Time for Action** World Health Organization. WHO, Geneva, 2009.